Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LE SULFATE DE SODIUM

Canada

juin 1984

86-03110/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

LE SULFATE DE SODIUM

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
JUIN 1984
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par la Section des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Sodium Sulphate
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de cat. En 48-10/45-1985F
ISBN 0-662-93591-8
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection "Enviroguide" a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VII
	Abréviations et symboles	VIII
	Définitions	X
	Sigles	XI
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	3
3	**Production, transport et commerce**	5
3.1	Qualités et teneurs	5
3.2	Fabricants situés au Canada	5
3.3	Autres fournisseurs	5
3.4	Centres de production et transport	5
3.5	Volume de production	6
3.6	Projets d'usines	6
3.7	Fabrication industrielle	6
3.7.1	Information générale	6
3.7.2	Procédé de fabrication	6
3.8	Principales utilisations au Canada	7
3.9	Principaux acheteurs au Canada	7
4	**Manutention du produit et compatibilité**	10
4.1	Engins, récipients et emballages de transport	10
4.1.1	Information générale	10
4.1.1.1	Wagons-trémies	10
4.1.1.2	Camions	12
4.1.2	Récipients et emballages	12
4.2	Compatibilité entre le produit et certains matériaux	13
5	**Fuite et migration du produit**	15
5.1	Aperçu général	15
5.2	Fuite du produit	15
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	15
5.4	Comportement dans l'eau	15
5.4.1	Introduction	15
5.4.2	Nomogrammes de la diffusion du polluant dans l'eau	16
5.4.2.1	Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées	16
5.4.2.2	Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau	19
5.4.3	Exemples de calcul	27
5.4.3.1	Teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées	27
5.4.3.2	Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau	27
5.5	Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol	28
5.5.1	Introduction	28
5.5.2	Migration du polluant dans un sol à capacité au champ	28
5.5.3	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant	28
5.5.4	Types de sol	29

5.5.5	Nomogrammes de la migration	29
5.5.6	Exemple de calcul	29
6	**Protection de l'environnement**	36
6.1	Limites maximales admissibles	36
6.1.1	Qualités de l'eau	36
6.1.2	Qualités de l'air	36
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	36
6.2.1	Mesures de la toxicité	36
6.3	Toxicité pour les mammifères	38
6.4	Toxicité pour la volaille	38
6.5	Toxicité pour les végétaux	38
6.6	Devenir et effets à long terme	38
7	**Protection de la santé**	39
7.1	Normes d'exposition	39
7.2	Données sur l'action irritante	39
=7.2.1	Contact avec la peau	39
7.2.2	Contact avec les yeux	39
7.3	Données sur les propriétés organoleptiques	39
7.3.1	Odeur	39
7.3.2	Saveur	40
7.4	Études sur les effets toxiques	40
7.4.1	Inhalation	40
7.4.2	Ingestion	40
7.4.3	Administration par voie percutanée	40
7.4.4	Administration par voie intraveineuse	41
7.4.5	Mutagénicité, tératogénicité et cancérogénicité	41
7.5	Symptômes et conséquences de l'intoxication	41
7.5.1	Inhalation	41
7.5.2	Ingestion	41
7.5.3	Contact avec la peau	41
7.5.4	Contact avec les yeux (symptômes)	41
8	**Compatibilité chimique**	42
8.1	Compatibilité entre le sulfate de sodium et divers agents	42
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	43
9.1	Mesures recommandées	43
9.1.1	Danger d'incendie	43
9.1.2	Moyens d'extinction	43
9.1.3	Mesures d'intervention en cas de déversement	43
9.1.3.1	Information générale	43
9.1.3.2	Déversement sur le sol	43
9.1.4	Élimination	43
9.1.5	Appareils et vêtements de protection	43
10	**Cas d'accident**	44
11	**Identification et dosage du polluant**	45
11.1	Dosage du sulfate de sodium dans l'eau	45
11.1.1	Photométrie de flamme	45
11.2	Dosage du sulfate de sodium dans le sol	45
11.2.1	Photométrie de flamme	45

12	**Références et bibliographie**	**47**
12.1	Références	47
12.2	Bibliographie	49

LISTE DES FIGURES

1	Solubilité dans l'eau en fonction de la température	9
2	Wagon-trémies couvert, classe LO de l'AAR	11
3	Fût type	12
4	Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées	17
5	Distance en fonction du temps	18
6	Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal	20
7	Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique	21
8	Alpha en fonction du coefficient de distribution turbulente	22
9	Delta en fonction de alpha	23
10	Teneur maximale en fonction de delta	24
11	Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique	25
12	Teneur moyenne en fonction du volume d'eau	26
13	Migration dans le sous-sol	30
14	Plan d'utilisation des nomogrammes	31
15	Migration dans le sable grossier	32
16	Migration dans le sable limoneux	33
17	Migration dans du till argileux	34

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de la conversion	
2	Caractéristiques des wagons-trémies de classe LO (AAR)	10
3	Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du sulfate de sodium	13
4	Compatibilité du sulfate de sodium et de certains matériaux de fabrication	14

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
B	Périmètre mouillé
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.*	Dose létale minimale
DL 50*	Dose létale moyenne
DT min.	Dose toxique minimale
et coll.	Et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
h	Hauteur
IDLH*	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	Jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
K_0	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé
k	Coefficient de perméabilité intrinsèque
l	Litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
M	Molaire
MAK*	Teneur maximale admissible
MAK-D*	Teneur maximale admissible
MAK-K*	Teneur maximale admissible - courte durée
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK*	Teneur maximale d'immission
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse moléculaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
N	Normal
Pa . s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL*	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL*	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._a$	Température ambiante
$temp._c$	Température critique
TE 50*	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50*	Teneur inhibitrice moyenne
TLm*	Tolérance moyenne
TL min.*	Teneur létale minimale

TL 50*	Teneur létale moyenne
TLV®*	*Threshold Limit Value*
TLV® -C*	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.*	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
vol.	Volume
°Bé	Degré Baumé
°C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
⛉	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

* Notions expliquées dans la section Définitions.

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection "Enviroguide". Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. - Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. - Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. - Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. - Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. - Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. - La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. - Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* - Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. - Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un "récepteur" qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. - En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. - Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. - Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV - *Short Term Exposure Limit).* - Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. - Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. - Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV® -C ont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. - La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). - Rapport de la masse d'une substance dissoute

à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV® -C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* - Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. - Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyer's Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
DOT	Department of Transportation (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
STCC	Standard Transportation Commodity Code (Amérique du Nord)

1 RÉSUMÉ

Sulfate de sodium (Na_2SO_4)

Poudre ou pastilles blanches à grises ou beiges, inodores.

Synonymes

Sulfate neutre de sodium, thénardite, mirabilite, sel de Glauber, sulfate de sodium officinal ($Na_2SO_4 . 10H_2O$). (Syn. anglais: *Sodium sulfate*)

Numéros d'identification

UN (aucun); CAS 7757-82-6; OHM-TADS 7216904; STCC (non exigé).

Qualités et teneurs

Pains de sel naturel: 90 p. 100 ou plus

Qualité détersif ou rayonne: plus de 98 p. 100

Qualité technique, calcinée: de 94 à 96 p. 100

Dangers immédiats

Incendie. - Le sulfate de sodium est incombustible.

Effets sur l'homme. - Le sulfate de sodium est peu toxique.

Effets sur l'environnement. - Le sulfate de sodium est nocif pour les organismes aquatiques, les animaux et les plantes, à des teneurs élevées.

Données relatives aux propriétés physiques

État (15 °C, 1 atm)	Solide
Point de fusion	884 °C
Inflammabilité	Incombustible
Densité relative (20°/4 °C)	2,68
Solubilité dans l'eau	4,76 g dans 100 ml (0 °C)
Comportement dans l'eau	Coule et se mélange sans qu'il y ait de réaction
Seuil olfactif	Inodore

Dangers pour l'environnement

À fortes teneurs, c.-à-d. au-dessus de 1000 mg/l, le sulfate de sodium est en général toxique pour les organismes aquatiques. À partir de 7000 mg/l, il est toxique pour les animaux domestiques. Chez les végétaux, on observe un ralentissement marqué de la croissance racinaire et une nette réduction de l'absorption d'eau, à 4000 mg/l. Le produit ne montre aucun pouvoir de bio-accumulation ou de contamination de la pyramide trophique.

Dangers pour l'homme

Teneur maximale admissible (TLV®): n'a pas été établie par l'ACGIH.

Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH): n'a pas été établie par le NIOSH.

Effets en cas d'atteinte des yeux. - Irritation et larmoiement.

Dispositions immédiates à prendre

- En cas de déversement

Limiter l'accès des lieux. Avertir le fabricant. Arrêter l'écoulement du produit et confiner le produit déversé si cela ne présente aucun danger. Empêcher que de l'eau polluée atteigne un égout ou un cours d'eau.

- En cas d'incendie

Utiliser des agents extincteurs en fonction des matières ou matériaux qui brûlent.

Mesures d'intervention d'urgence

- Sulfate de sodium répandu sur le sol

Confiner le produit déversé et le récupérer par des moyens manuels ou mécaniques.

- Sulfate de sodium déversé dans l'eau

Confiner l'eau polluée au moyen de barrages, de dispositifs de dérivation ou d'obstacles naturels.

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Aspect	Pastilles gris foncé (qualité technique calcinée) et poudre beige pâle (qualité technique anhydre) (Koppers PD, 1981)
État habituel à l'expédition	Solide
État d'agrégation (15 °C, 1 atm)	Solide
Variables d'état	
Point de fusion	884 °C (CRC, 1980)
Masse volumique et densité	
Masse volumique	2,69 g/cm^3 (20 °C) (Ullmann, 1975)
Densité relative	2,68 (20 °C/4 °C) (CRC, 1980)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Incombustible (CCD, 1977)
Solubilité	
Eau	4,76 g dans 100 ml (à 0 °C) (CRC, 1980)
Autres corps	Soluble dans l'iodure d'hydrogène et la glycérine; insoluble dans l'éthanol (CRC, 1980)
Méthanol	0,025 p. 100 (20 °C)
Éthanol	0,002 p. 100 (20 °C)
Éthylène glycol	0,54 p. 100 (25 °C)
Ammoniaque à 40 p. 100	1,3 p. 100 (23 °C) (Ullmann, 1975)
Autres propriétés	
Masse moléculaire du corps pur	142,04 (CRC, 1980)
Composition caractéristique des formes commerciales	Calciné: de 94 à 96 p. 100 de sulfate de sodium anhydre, de 3 à 5 p. 100 de carbonate de sodium Anhydre: 98 p. 100 au moins de Na_2SO_4, 0,5 p. 100 au maximum de Na_2SO_3 (Koppers PD, 1981)
Indice de réfraction	1,464 (système rhomboédrique) 1,474 (monoclinique) 1,485 (hexagonal) (Kirk-Othmer, 1983)
Viscosité	2,48 (solution à 22 p. 100, à 20 °C) (CRC, 1980)
Chaleur latente de fusion	24,4 kJ/mol (au point de fusion) (CRC, 1980)
Chaleur de formation	- 1387 kJ/mol (JANAF, 1971)

Entropie	149,6 J/(mol . K) (Ullmann, 1975)
Chaleur de dissolution	1,17 kJ/mol (à 18 °C) (Perry, 1973)
Capacité thermique molaire à pression constante	127,8 J/(mol . °C) (JANAF, 1971)
Coefficient de dilatation cubique	0,410 x 10^{-3}/°C (solution à 24 p. 100, à 20 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Conductivité thermique	0,605 W/(m . K) (solution à 10 p. 100, 32 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Constante diélectrique	7,8 (Ullmann, 1975)
Mélange eutectique	Solution aqueuse à 12,7 p. 100 (point de fusion: - 3,55 °C) (Lange's Handbook, 1979)

Propriétés du sel de Glauber

Le sulfate de sodium décahydraté (Na_2SO_4 . $10H_2O$) ou sel de Glauber étant parfois transporté à l'état brut, nous croyons utile d'en donner les propriétés.

Point de fusion	32,4 °C (perte d'eau) (Kirk-Othmer, 1983)
Masse volumique	1,468 g/cm^3 (à 20 °C) (Ullmann, 1975)
Masse moléculaire	322,19 (Ullmann, 1975)
Teneur en eau	55,9 p. 100 (Ullmann, 1975)
Indice de réfraction	1,394 à 1,398 (Ullmann, 1975)
Chaleur de formation	- 4327 kJ/mol (Ullmann, 1975)
Chaleur de dissolution	- 78,5 kJ/mol (Ullmann, 1975)
Capacité thermique molaire à pression constante	588,2 J/(mol . K) (à 27 °C) (Ullmann, 1975)

3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et teneurs (Corpus, 1984; Koppers PD, 1981; MCP, 1979)

Le sulfate de sodium s'obtient sous forme de pains de sel naturel (pureté supérieure à 90 p. 100) et dans les qualités détersif et rayonne (pureté supérieure à 98 p. 100; moins de 2 p. 100 de NaCl; 60 ppm de fer), verrerie (pureté supérieure à 99 p. 100; peu de métaux et de fer), calcinée technique (pureté supérieure à 94 p. 100) et U.S.P. (pureté supérieure à 99 p. 100).

3.2 Fabricants situés au Canada (Corpus, 1984; CBG, 1980)

Les adresses qui suivent sont celles du siège social des sociétés listées et non celles des services d'information en cas de déversement.

Alberta Sulphate Ltd., 407-9900 Jasper Avenue, Edmonton (Alberta), T5J 1P6, (403) 426-6610.
Courtaulds (Canada) Ltd., 1150 Montreal Road, Cornwall (Ontario), K6H 5S2, (613) 933-1180.
Francana Minerals Ltd., 670 Bank of Canada Bldg., Regina (Saskatchewan), S4P 0M8, (306) 352-5657.
Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd., C.P. 28, Toronto-Dominion Centre, Toronto (Ontario), M5K 1B8, (416) 362-2192.
Midwest Chemicals Ltd., C.P. 66, Edmonton (Alberta), (403) 426-1760.
Noranda Sales Corp. Ltd., C.P. 45, Commerce Court West, Toronto (Ontario), M5L 1B6, (416) 867-7111.
Ontario Paper Co. Ltd., 80 King Street, C.P. 3026, St. Catherines (Ontario), L2R 7G2 (416) 688-5030.
Ormiston Mining and Smelting Co. Ltd., 502 Scott Bldg., Moose Jaw (Saskatchewan), S6H 0B9, (306) 692-9611.
Saskatchewan Minerals, C.P. 120, Chaplin (Saskatchewan), S0H 0V0, (306) 395-2561.

3.3 Autres fournisseurs (CBG, 1980)

Arliss Chemical Co. Inc., 325, boul. Hymus, Pointe-Claire (Québec), H9R 1G8, (514) 694-2170.
Canada Chrome & Chemicals Ltd., 5468 Dundas Street West, Toronto (Ontario), M9B 6E3, (416) 239-8922.
Canada Colours and Chemicals Ltd., 80 Scarsdale Road, Don Mills (Ontario), M3B 2R7, (416) 924-6831.
C-I-L Inc., 90 Sheppard Avenue East, North York (Ontario), M2N 5S8, (416) 226-7532 ou 226-7250.
Côté Chemicals Inc., 111, parc Bombardier, Châteauguay-Centre (Québec), J6J 3X0, (514) 691-6260.
International Chemical Canada Ltd., C.P. 385, Brampton (Ontario), L6V 2L3, (416) 453-4234.
Lawrason's Chemicals Ltd., 180 Adelaide Street South, C.P. 2425, London (Ontario), N6A 4G3, (519) 686-9335.

3.4 Centres de production et transport

Actuellement, la majeure partie (78 p. 100) de la production canadienne de sulfate de sodium est concentrée en Saskatchewan (Palo, Grant, Chaplin, Fox Valley, Hardene, Ormiston,

Bishopric et Gladmar). Le reste provient de l'Alberta et de l'Ontario. Le produit est expédié dans toutes les provinces, pour la réduction du bois en pâte.

3.5 **Volumes de production** (Corpus, 1984)

Capacité nominale comparée au total des approvisionnements

Société	Emplacement de l'usine	Capacité nominale, kilotonnes/an (1983)
Alberta Sulphate	Metiskow (Alb.)	90
Courtaulds Canada	Cornwall (Ont.)*	20
Francana Minerals	Grant (Sask.)	90
Francana Minerals	Hardene (Sask.)	45
Midwest Chemicals	Palo (Sask.)	109
Ontario Paper	Thorold (Ont.)*	77
Ormiston Mining & Smelting	Ormiston (Sask.)	90
Saskatchewan Minerals	Bishopric (Sask.)	3
Saskatchewan Minerals	Chaplin (Sask.)	135
Saskatchewan Minerals	Fox Valley (Sask.)	135
Saskatchewan Minerals	Gladmar (Sask.)	19
Total		813
Production nationale (1983)		534,5
Importations (1983)		22,5
Total des approvisionnements		557,0

* Sous-produit

3.6 **Projets d'usines** (CCP, 1982)

Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources de la Colombie-Britannique a reçu communication d'un projet d'usine de sulfate de potassium et de sulfate de sodium qui serait construite par Canterra Energy, Entreprise minière et chimique Sumitomo, et dont la date de démarrage est prévue pour 1986.

3.7 **Fabrication industrielle** (Broughton, 1974; FKC, 1975)

3.7.1 Information générale. - Le sel de Glauber brut est purifié par recristallisation puis il est chauffé pour donner du sulfate de sodium anhydre.

3.7.2 Procédé de fabrication. - Le sel de Glauber brut est extrait soit de dépôts en surface et dissous dans l'eau ou extrait par dissolution. Les saumures obtenues sont décantées puis filtrées pour en éliminer les impuretés insolubles. La saumure est ensuite évaporée puis refroidie pour donner une pâte de cristaux de sel décahydraté. L'eau est extraite et recyclée et les cristaux sont fondus dans un évaporateur et séchés dans un four rotatif.

3.8 Principales utilisations au Canada (Corpus, 1984)

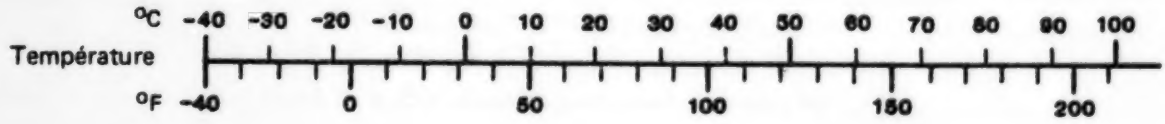
Le sulfate de sodium sert principalement dans l'industrie des pâtes et papier. C'est également une matière première dans l'industrie des détergents, du verre, des textiles, des aliments pour animaux et les panneaux solaires.

3.9 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1984)

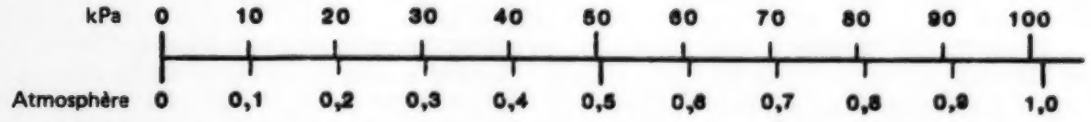
Abitibi-Price, Smooth Rock Falls (Ont.)
Abitibi-Price, Jonquière (Qc)
B.C. Forest Products, Crofton, MacKenzie (C.-B.)
Boise Cascade, Ft. Frances (Ont.)
Boise Cascade, Miramichi (N.-B.)
Canadian Cellulose, Prince Rupert (C.-B.)
Canadian Forest Products, Port Mellon (C.-B.)
Canadian International Paper, La Tuque (Qc)
Cariboo Pulp, Quesnel (C.-B.)
Colgate-Palmolive, Toronto (Ont.)
Consolidated-Bathurst, Bathurst (N.-B.)
Consumers Glass, Toronto (Ont.)
Crestbrook Forest Industries, Shookumchuk (C.-B.)
Crown Zellerbach, Campbell River, (C.-B.)
Domglas, Hamilton (Ont.)
Domtar, Windsor (Ont.)
Eddy Forest Products, Espanola (Ont.)
Eurocan Pulp, Kitimat (C.-B.)
Great Lakes Forest Products, Dryden (Ont.)
Intercontinental Pulp, Prince George (C.-B.)
Irving Pulp, Saint John, (N.-B.)
Kimberly-Clark, Terrace Bay (Ont.)
Lever Detergents, Toronto (Ont.)
MacMillan Bloedel, Nanaimo (C.-B.)
Manitoba Forestry Resources, Le Pas (Man.)
Northwood Pulp, Prince George (C.-B.)
Prince Albert Pulp, Prince Albert (Sask.)
Prince George Pulp, Prince George (C.-B.)
Proctor & Gamble, Hamilton (Ont.)
St. Regis, Hinton (Alb.)
Scott Maritime, Abercrombie (N.-É.)
Tahsis, Gold River (C.-B.)
Thurso Pulp & Paper, Thurso (Qc)
Western Forest Products, Squamish (C.-B.)
Weyerhaeuser, Kamloops (C.-B.)
Witco Chemical Canada, Oakville (Ont.)

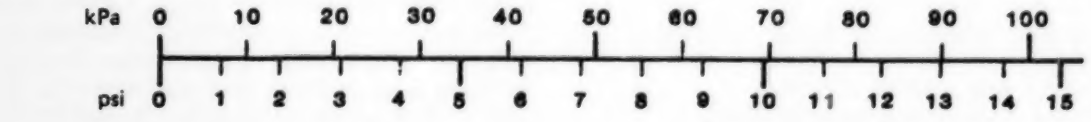
Tableau 1

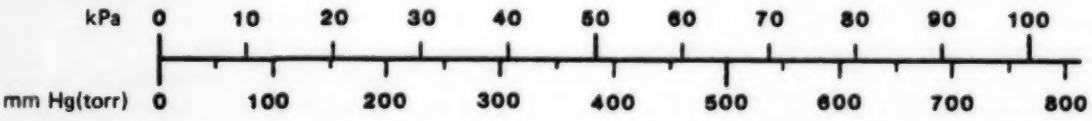
SULFATE DE SODIUM — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression — 1 kPa = 1000 Pa







Viscosité

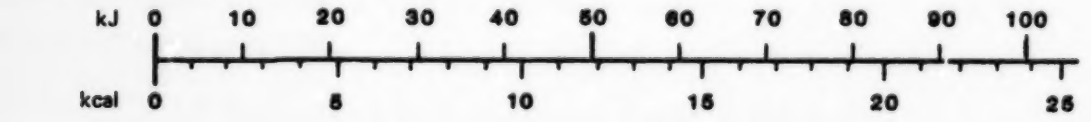
Dynamique — 1 Pa·s = 1000 centipoises (cPo)

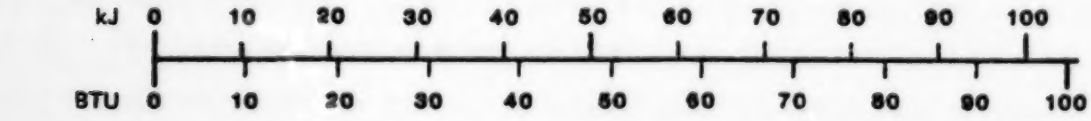
Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)

1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1000 J





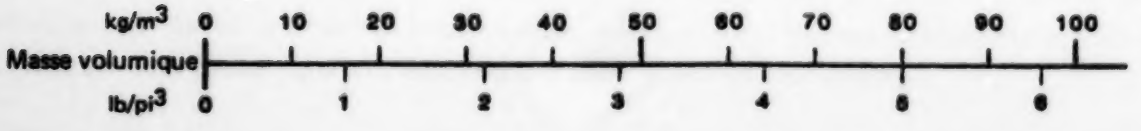
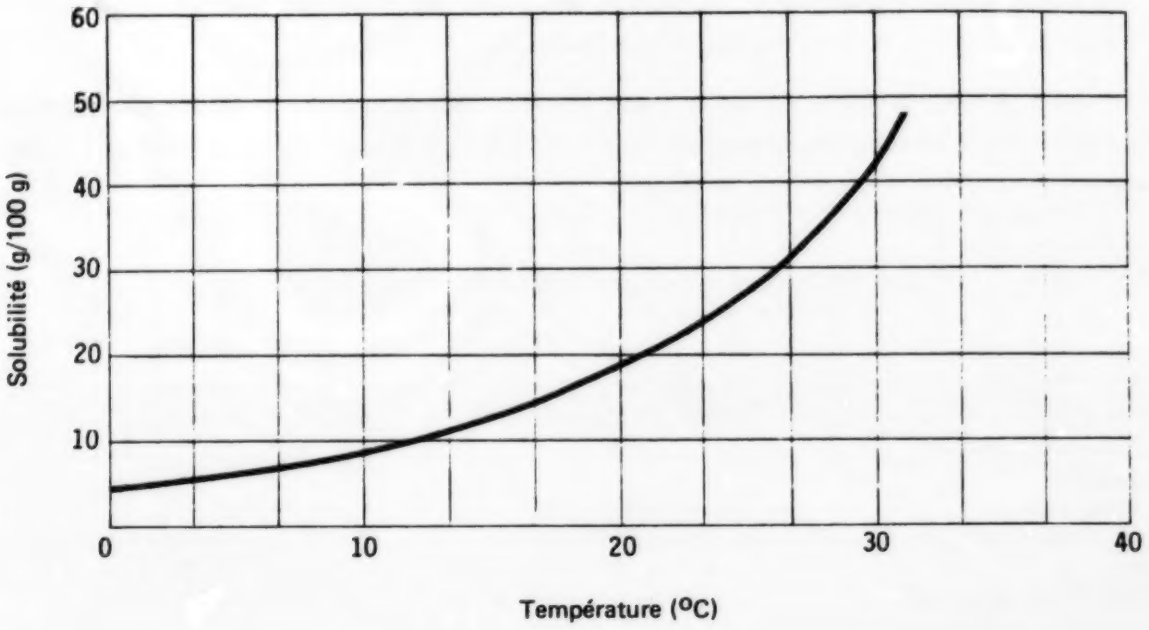


Figure 1

SULFATE DE SODIUM

SOLUBILITÉ DANS L'EAU EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Seidell et Linke, 1965



4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Engins, récipients et emballages de transport

4.1.1 Information générale. - Le sulfate de sodium solide se transporte surtout en vrac par wagon ou camion, ou dans des fûts et des caisses.

4.1.1.1 Wagons-trémies. - Pour le transport du sulfate de sodium, on utilise généralement des wagons-trémies couverts, classe LO de l'AAR, illustrés à la figure 2. Le tableau 2 fournit les données chiffrées pour ce type de wagon.

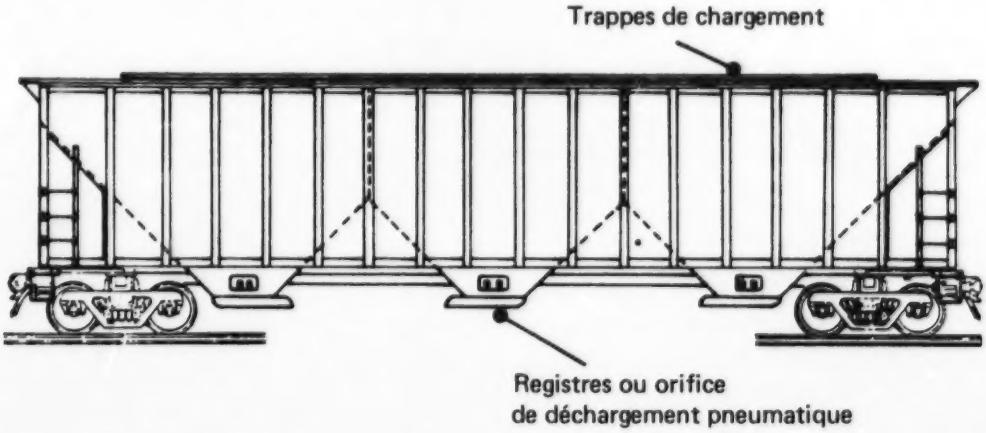
Tableau 2
Caractéristiques des wagons-trémies de classe LO (AAR)
utilisés pour le transport du sulfate de sodium
(CLC, 1974)

Description	Wagon-trémies de 5800 pi^3	Wagon-trémies de 4700 pi^3
Structure		
Volume utile	164 m^3 (5800 pi^3)	133 m^3 (4700 pi^3)
Charge nominale	86 000 kg (190 000 lb)	89 000 kg (196 000 lb)
Tare	45 000 kg (99 000 lb)	45 000 kg (99 000 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Trémies ou compartiments		
Nombre	4	3
Matériau	Acier	Acier
Longueur intérieure	410 cm (161 po)	460 cm (181 po)
Largeur intérieure	300 cm (118 po)	300 cm (118 po)
Distance entre les dispositifs de déchargement	4 m (13 pi)	5 m (16 pi)
Angle de la pente	40 - 45°	40 - 45°
Dimensions approximatives		
Longueur avec organes d'attelage	21 m (69 pi)	18 m (59 pi)
Longueur avec pylônes de choc	20 m (66 pi)	17 m (56 pi)
Distance entre pivots de bogie	16 m (52 pi)	14 m (46 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (16 pi)	5 m (16 pi)
Hauteur de la passerelle de toit jusqu'au sommet	5 m (16 pi)	4 m (13 pi)
Largeur hors-tout	3,1 m (10 pi)	3,2 m (10,5 pi)
Longueur intérieure	19 m (62 pi)	17 m (56 pi)
Dispositifs de chargement et de déchargement		
Trappes de chargement:	Les wagons-trémies couverts sont généralement équipés de 4 à 12 trappes de chargement rondes ou carrées de 36 à 61 cm (14-24 po) de diamètre ou de côté.	
Organes de déchargement:	Le déchargement se fait par le bas au moyen de registres carrés dont les côtés mesurent entre 36 à 61 cm (14-24 po) cu d'orifices de déchargement pneumatique de 10 à 20 cm (4-8 po) de diamètre.	

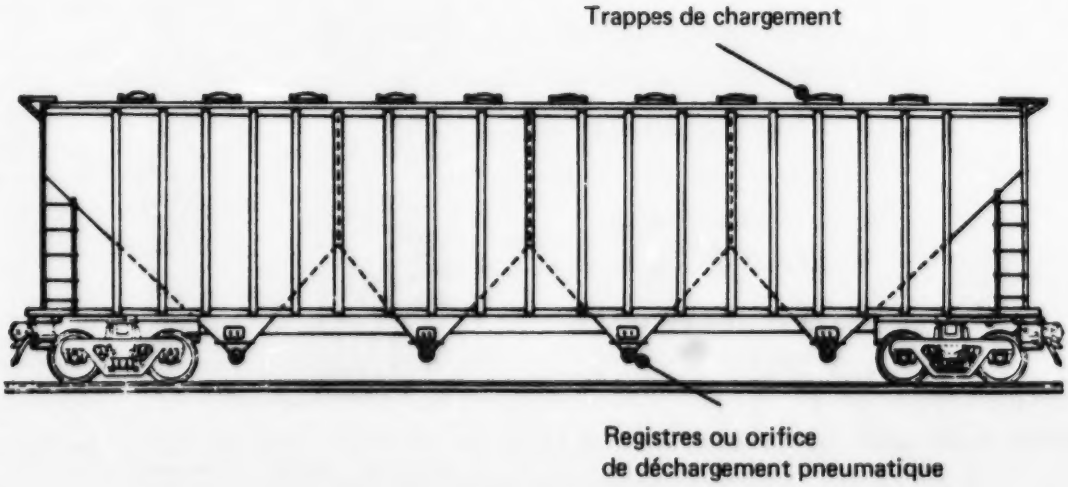
Figure 2

SULFATE DE SODIUM — **WAGON-TRÉMIES COUVERT; CLASSE LO DE L'AAR**

Sources: CLC, 1974; AAR, 1983



Wagon couvert type à 3 trémies



Wagon couvert type à 4 trémies

4.1.1.2 Camions. - Le sulfate de sodium solide se transporte aussi par camion.

4.1.2 Récipients et emballages. - Le sulfate de sodium solide est livré également dans des fûts et des caisses. Les fûts sont fabriqués en divers matériaux (voir la figure 3 et le tableau 3) (TDGC, 1980). Il s'expédie également dans des caisses de métal, de bois ou de carton-fibre avec récipients intérieurs en verre, métal, plastique ou grès. La contenance des caisses et des emballages intérieurs est de 23 et de 11 kg respectivement (HMR, 1978).

Figure 3

SULFATE DE SODIUM — **FÛT TYPE**

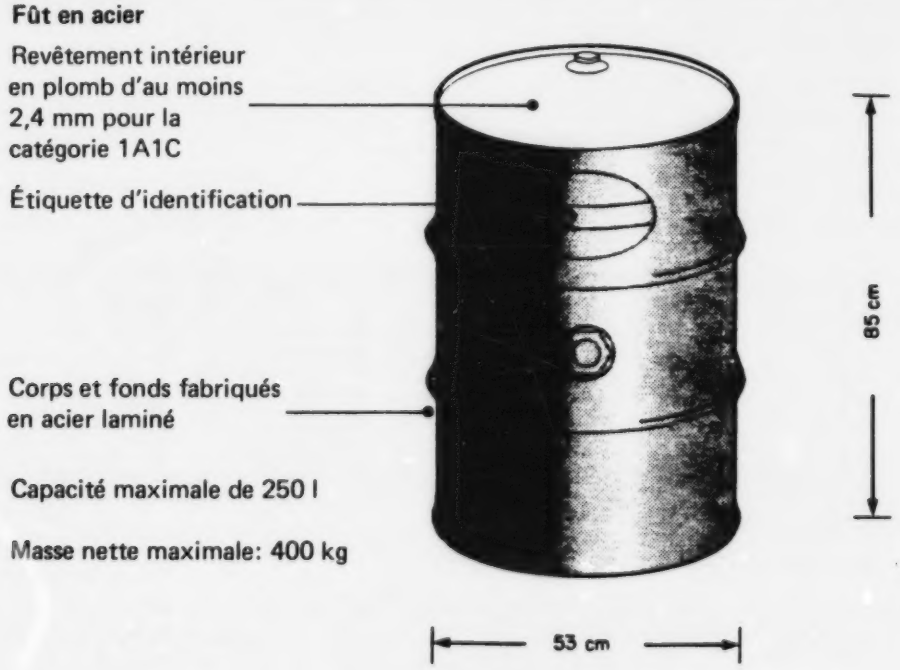


Tableau 3
Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du sulfate de sodium

Catégorie	Code	Description	Figure
Acier	1A1	Dessus non amovible; réutilisable	3
	1A1A	1A1 avec rebords renforcés	3
	1A1B	1A1 avec collerette de fermeture soudée	3
	1A1C	1A1 avec revêtement intérieur en plomb	3
	1A1D	1A1 avec revêtement intérieur autre que le plomb	3
	1A2	Dessus amovible, réutilisable	3
	1A2A	1A2, avec rebords renforcés	3
	1A2B	1A2 avec revêtement intérieur en plomb	3
	1A3	Dessus non amovible; non réutilisable	3
	1A4	Dessus amovible; non réutilisable	3
Contre-plaqué	1D2		
Carton-fibre	1G1	Fût en carton de fabrication convolute. Capacité maximale: 250 l (55 gal) Masse nette maximale: 400 kg (882 lb)	
Plastique	1H1	Dessus non amovible. Capacité maximale: 250 l (55 gal) Masse nette maximale: 400 kg (882 lb)	
	1H2	1H1, sauf que le dessus est amovible	
Acier, avec récipient intérieur en matière plastique	6HA1	Tôle extérieure en acier, en forme de fût. Récipient intérieur en matière plastique. Capacité maximale: 225 l (49 gal)	
Fût en contre-plaqué, avec récipient intérieur en matière plastique	6HD1	Fût en contre-plaqué. Récipient intérieur en matière plastique. Capacité maximale: 225 l (49 gal)	
Fût en carton-fibre avec récipient intérieur en matière plastique	6HG1	Fût en carton de fabrication convolute. Récipient intérieur en matière plastique épousant la forme du fût. Capacité maximale: 225 l (49 gal)	

4.2 Compatibilité entre le produit et certains matériaux

La compatibilité du sulfate de sodium et de divers matériaux est indiquée au tableau 4. Le mode d'évaluation utilisé dans le tableau 4 est décrit brièvement ci-dessous.

Recommandé: Le matériau donnera un rendement satisfaisant pour l'utilisation indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration pour l'utilisation indiquée; peut convenir pour utilisation intermittente ou de courte durée.

Déconseillé: L'utilisation indiquée causera une grave détérioration du matériau; l'emploi en est donc déconseillé.

Tableau 4
Compatibilité du sulfate de sodium et de certains matériaux de fabrication

Utilisation	Teneur	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords	Toutes	49	Polyéthylène (DPPED, 1967)		
		60	PVC I PVC II (DPPED, 1967)		
		71	ABS (DPPED, 1967)		
		79	PVDC (DCRG, 1978)		
		107	Polypropylène (DCRG, 1978)		
		121	Polyéther chloré (DCRG, 1978)		
		135	PVDF (DCRG, 1978)		
		Jusqu'à la limite de tolérance	PVC I ABS, polyéthylène (MWPP, 1978)		
2. Autres	La plupart	La plupart	Acier au carbone Acier inox		

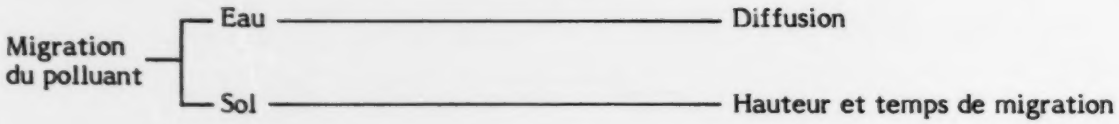
ABS = plastique à base d'acrylonitrile-butadiène-styrène
PVDC = poly(chlorure de vinylidène)
PVDF = poly(fluorure de vinylidène)

5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Le sulfate de sodium se transporte en vrac, à l'état solide, dans des wagons-trémies couverts ou des wagons à déchargement pneumatique. Déversé dans l'eau, il se dissout. Comme il est essentiellement non volatil, sa dispersion dans l'air n'est pas préoccupante.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsqu'il y a déversement de sulfate de sodium dans l'eau et sur le sol:



À noter qu'à cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée repose sur l'estimation prudente des paramètres critiques, dans le but d'établir des prévisions qui reflètent le plus fidèlement possible les pires scénarios, pour chaque milieu examiné.

5.2 Fuite du produit

Comme le sulfate de sodium se transporte habituellement à l'état solide, aucun nomogramme de fuite n'a été construit.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

Dans les circonstances prévisibles d'un déversement, les possibilités de diffusion dans l'atmosphère sont négligeables, le sulfate de sodium n'étant pas volatil. Le dégagement de poussières, cause d'irritation, peut constituer un problème dans certaines circonstances.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. - Le sulfate de sodium est soluble et lorsque déversé dans l'eau, il coule, se dissout et se dilue. Le phénomène de mélange peut généralement être décrit par les équations classiques de diffusion, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les cours d'eau, le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent, tandis qu'en eau calme, le mélange se fait par diffusion moléculaire.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué

suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux cours d'eau dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le *Manuel d'introduction Enviroguide*.)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans un plan d'eau, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de produit déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.2 Nomogrammes de la diffusion du polluant dans l'eau. - Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluant dans les cours d'eau non soumis aux marées et dans les lacs au repos ou autres plans d'eau.

A. - Cours d'eau non soumis aux marées

Figure 5 Distance en fonction du temps (pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement)

Figure 6 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal (pour une plage de profondeurs du canal (hauteurs d'eau))

Figure 7 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique (pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement)

Figure 8 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente (pour différentes valeurs de temps écoulé)

Figure 9 Delta* en fonction de alpha (pour différentes masses de produit déversé)

Figure 10 Teneur maximale en fonction de delta (pour des sections mouillées de différentes surfaces)

B. - Lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 11 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique de la zone dangereuse (pour différentes profondeurs du lac, c.-à-d. différentes hauteurs d'eau)

Figure 12 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse (pour différentes masses de liquide déversé)

La figure 4 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

5.4.2.1 Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées

Figure 5 Distance en fonction du temps. - Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse

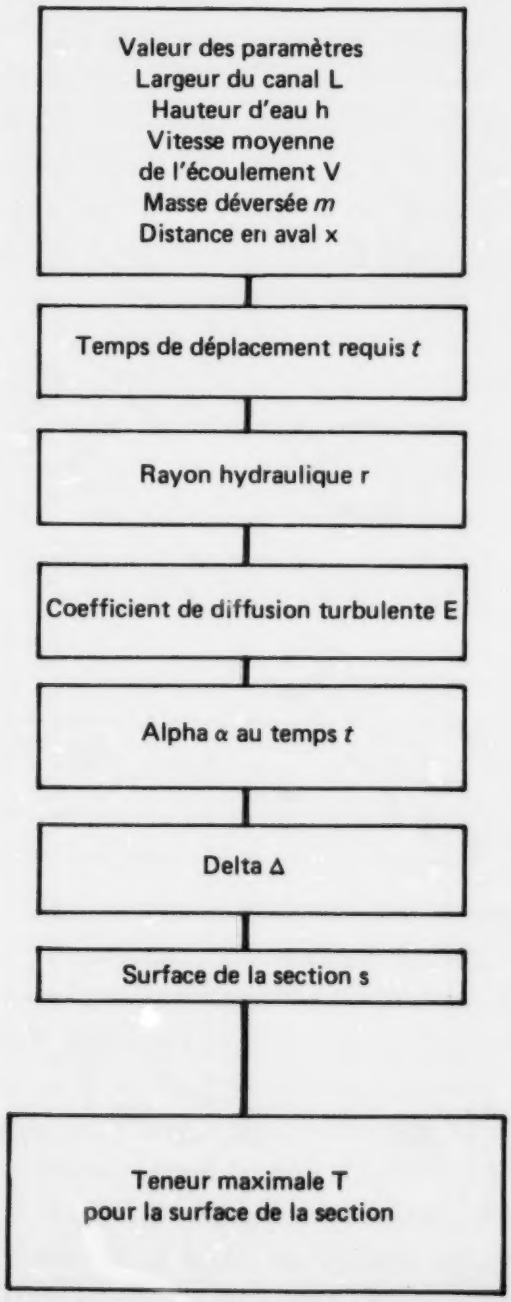
---

* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur utilité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu du déversement.

Figure 4

SULFATE DE SODIUM

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT D'UN COURS D'EAU NON SOUMIS AUX MARÉES



Étape 1 Par observation ou évaluation

L = _____ m

h = _____ m

V = _____ m/s

m = _____ tonnes

x = _____ m

Étape 2 t = _____ mn (fig. 9)

Étape 3 r = _____ m (fig. 10)

Étape 4 E = _____ m^2/s (fig. 11)

Étape 5 α = _____ (fig. 12)

Étape 6 Δ = _____ (fig. 13)

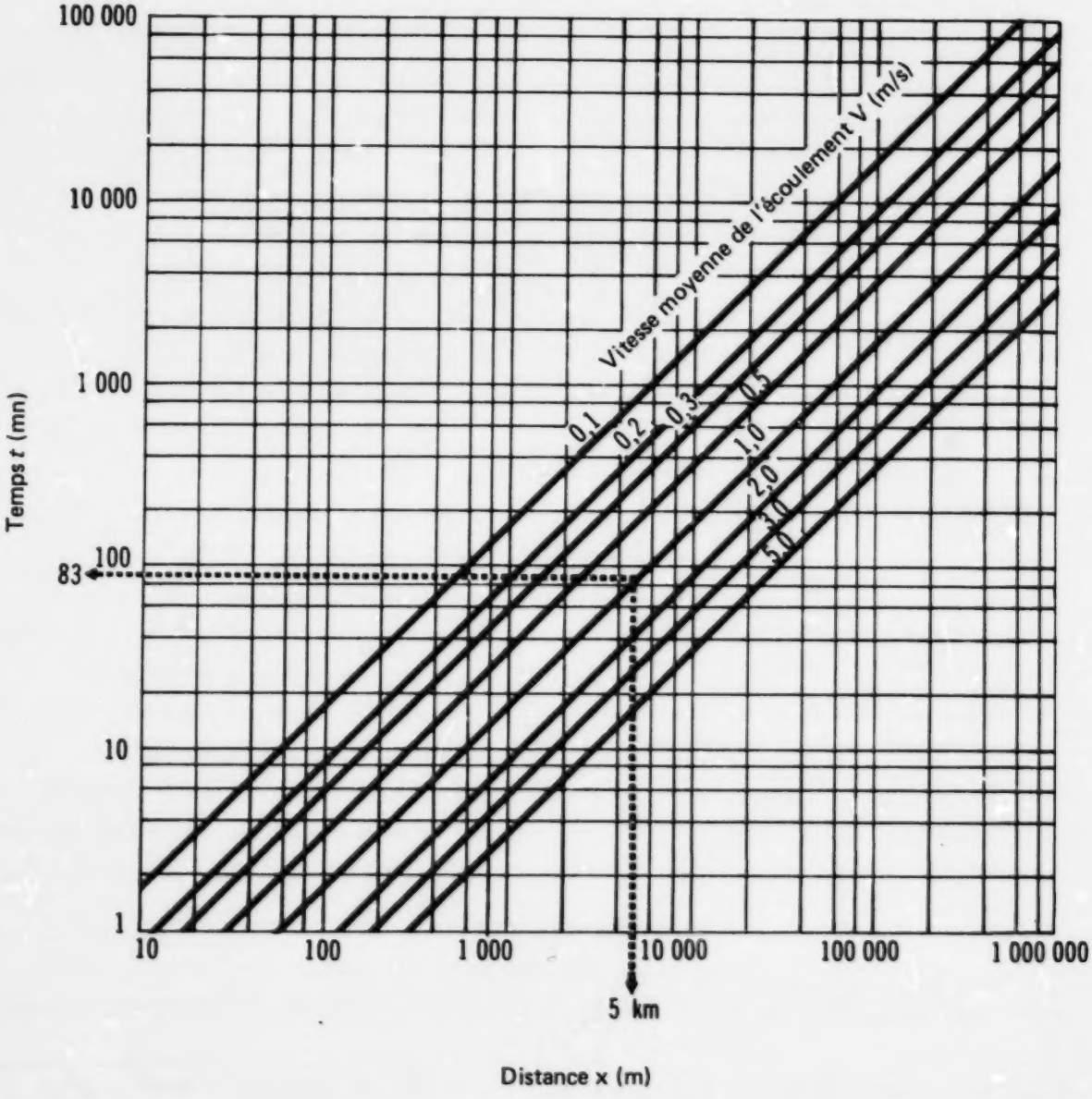
Étape 7 s = L x h = _____ m^2

Étape 8 T = _____ ppm (fig. 14)

Figure 5

SULFATE DE SODIUM

DISTANCE EN FONCTION DU TEMPS



moyenne de l'écoulement V donnée, le temps *t* que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance x donnée en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 6 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. - Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur L, ayant une hauteur d'eau h. Le rayon hydraulique r doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente E. Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section s mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé B. La figure 6 permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 7 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. - Les données connues sur le rayon hydraulique r et sur la vitesse moyenne de l'écoulement V permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente E.

Figure 8 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. - Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion α; ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente E et du temps *t* requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 9 Delta en fonction de alpha. - Un second facteur de conversion, delta Δ, est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse de produit déversé.

Figure 10 Teneur maximale en fonction de delta. - Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée s, le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

5.4.2.2 Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 11 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique de la zone dangereuse. - L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un solide hydrosoluble, de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon r et de longueur égale à la hauteur d'eau h à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 11. Le rayon r équivaut à la distance x entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 12 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse. - Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de produit déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion

(suite à la p. 27)

Figure 6

SULFATE DE SODIUM

RAYON HYDRAULIQUE EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

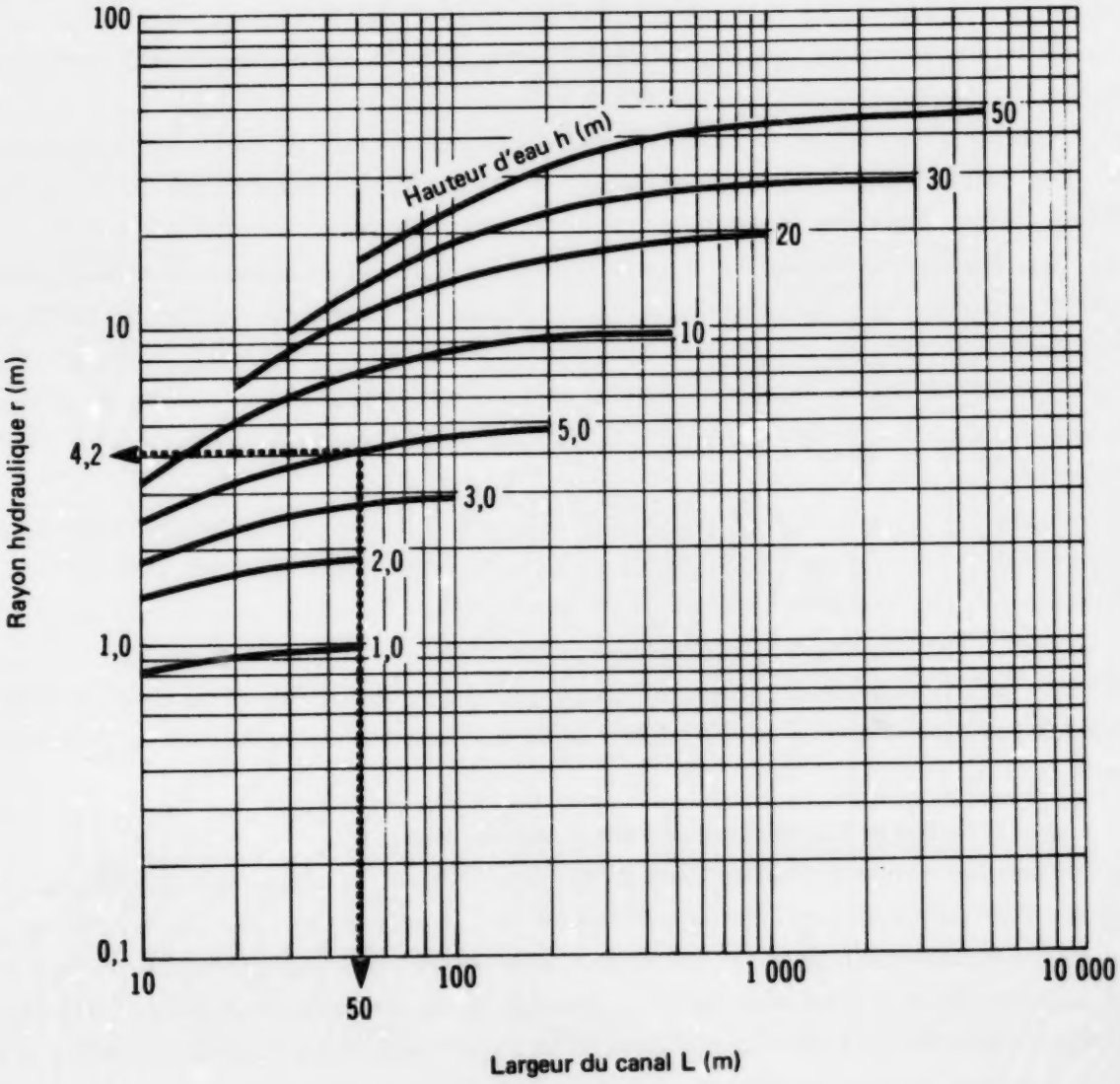


Figure 7

SULFATE DE SODIUM

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

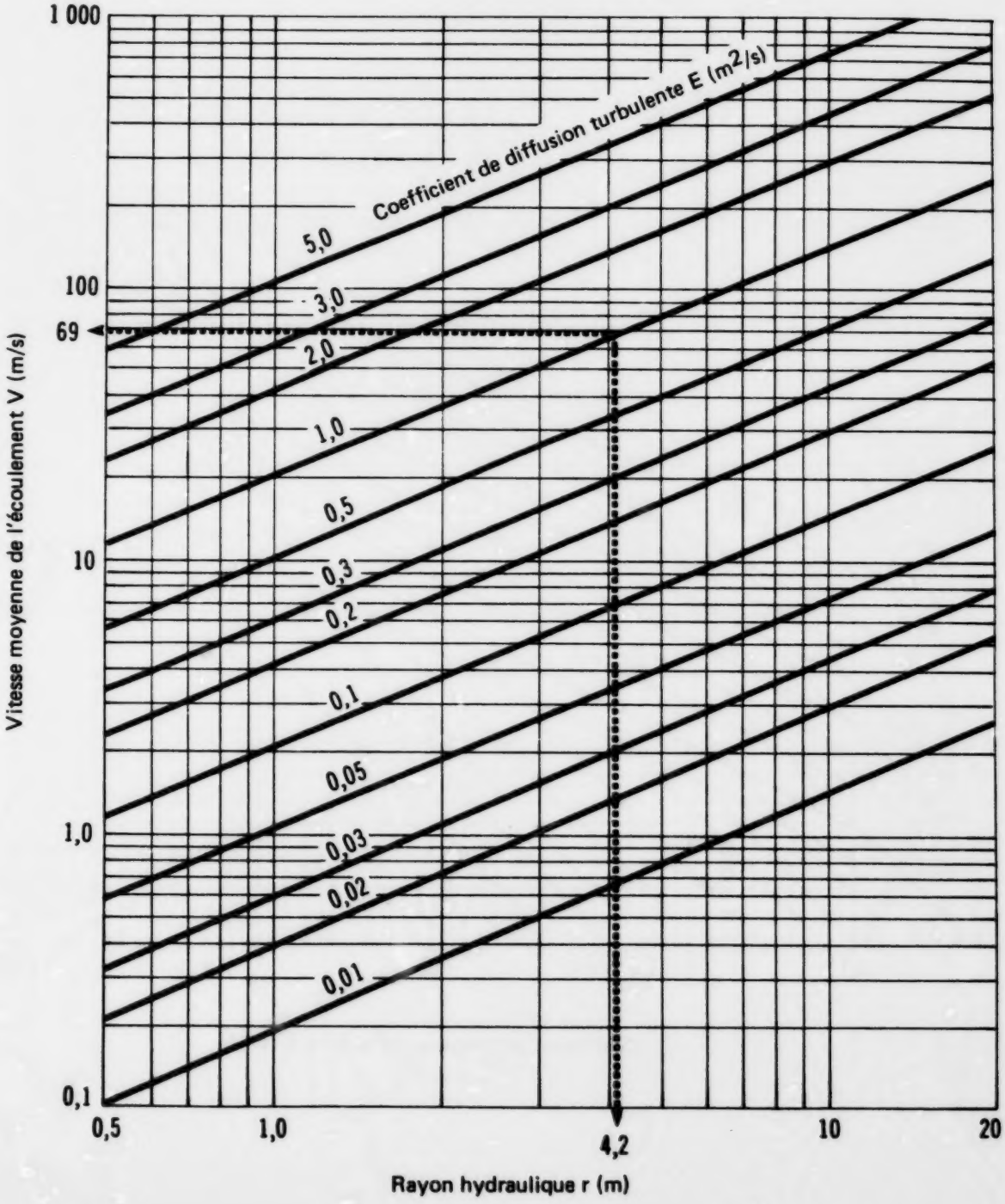


Figure 8

SULFATE DE SODIUM — **ALPHA EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE**

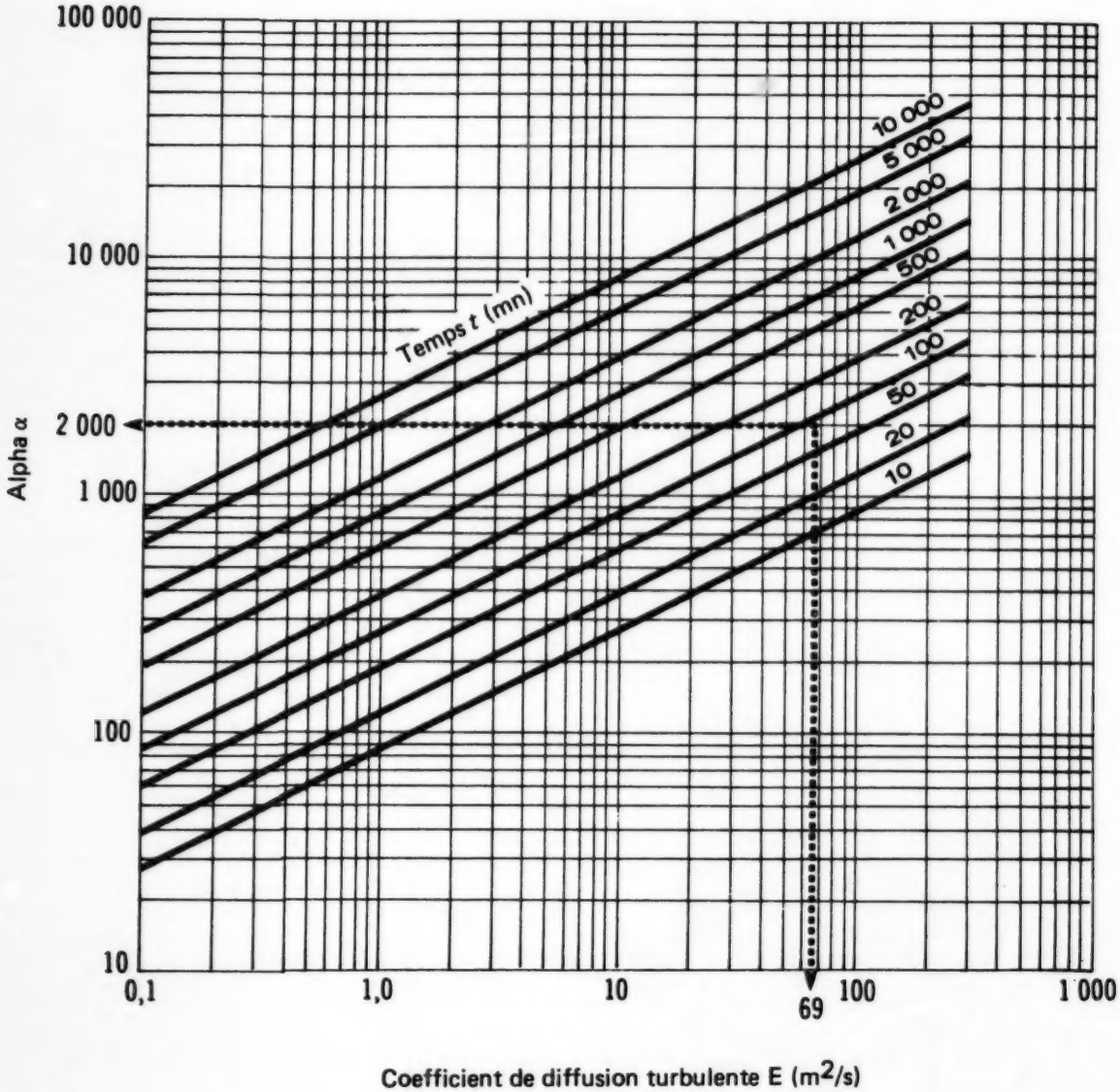


Figure 9

SULFATE
DE SODIUM

DELTA
EN FONCTION DE ALPHA

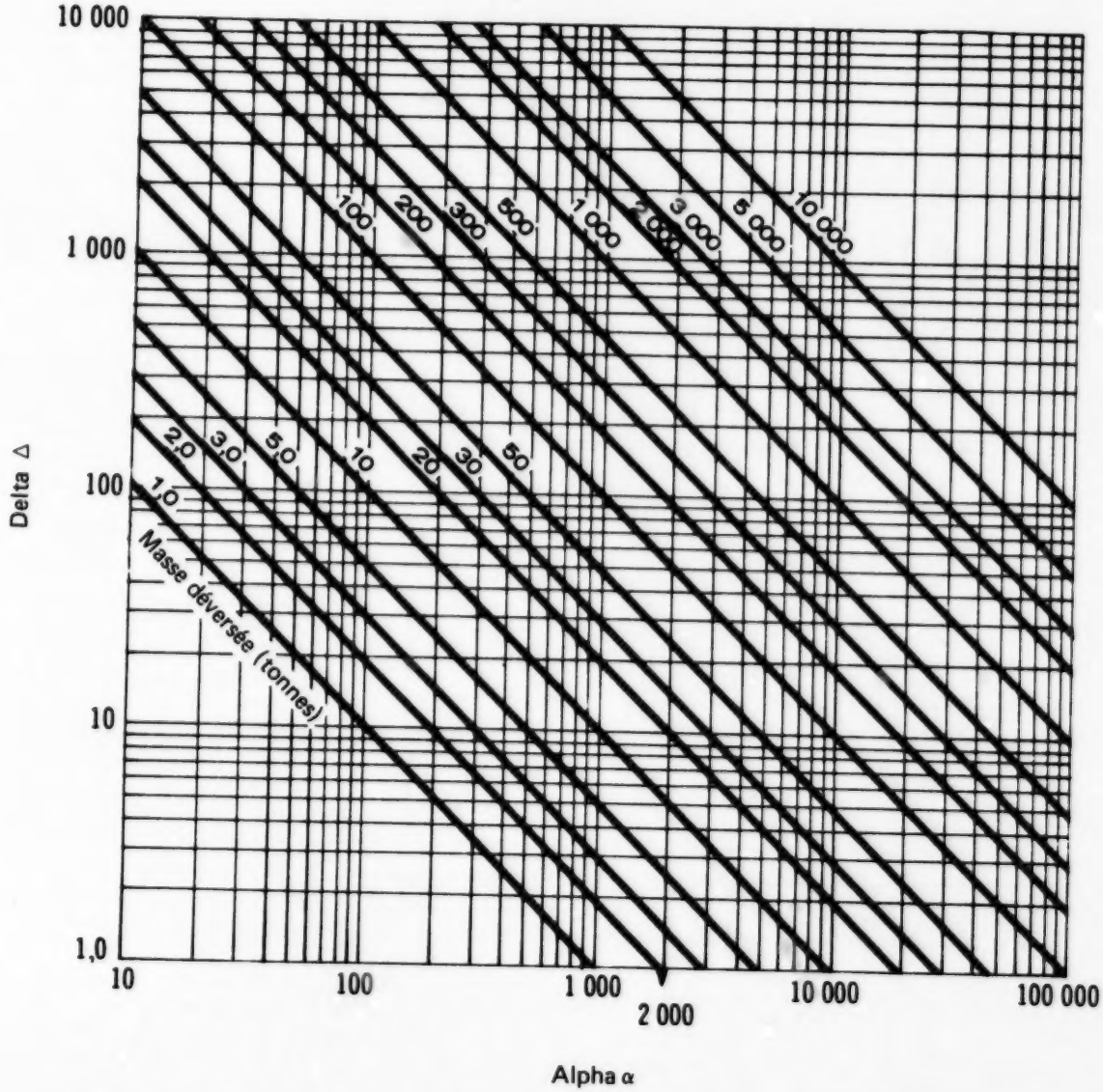


Figure 10

SULFATE DE SODIUM

TENEUR MAXIMALE
EN FONCTION DE DELTA

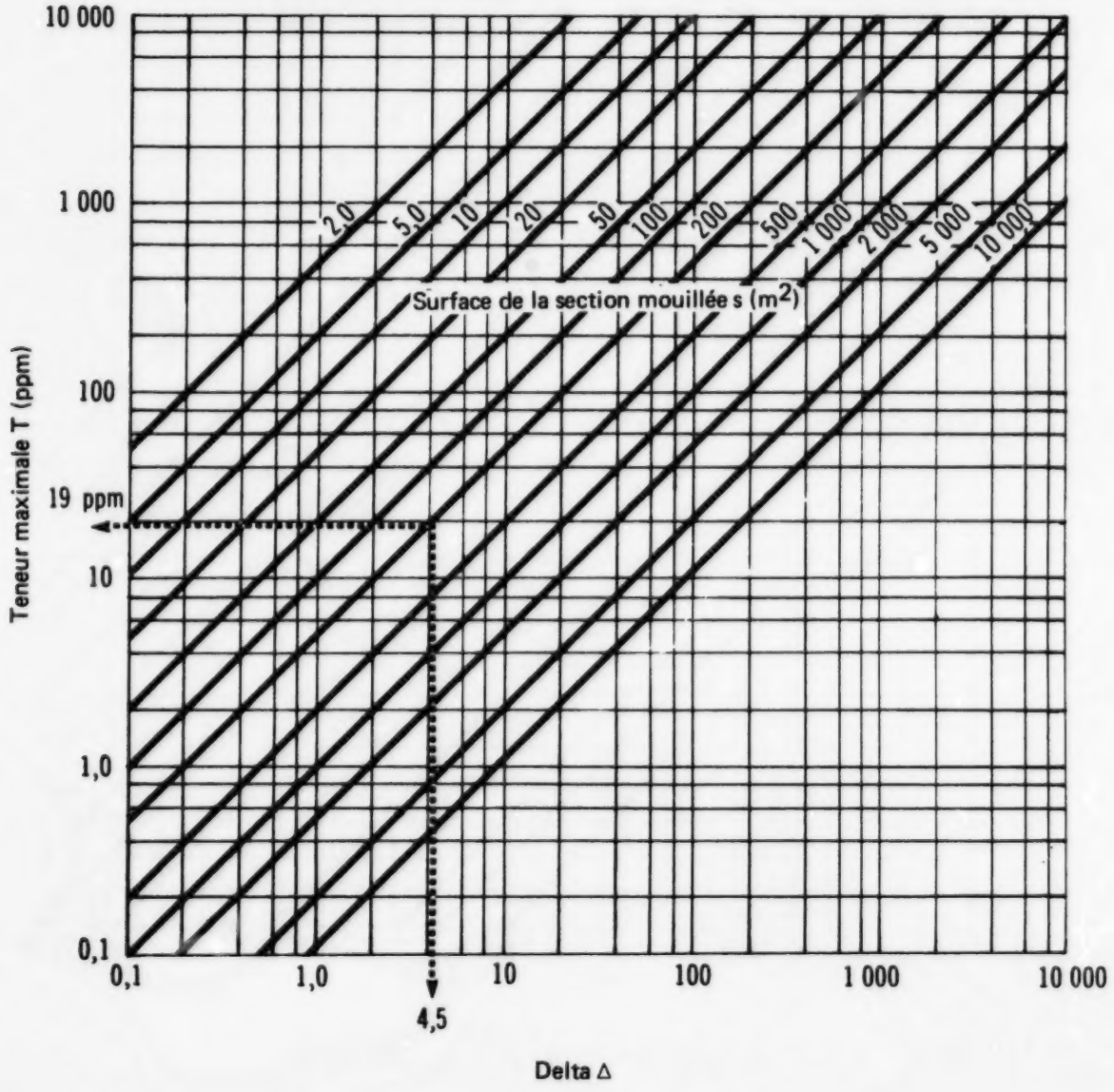


Figure 11

SULFATE DE SODIUM — VOLUME D'EAU EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE DE LA ZONE DANGEREUSE

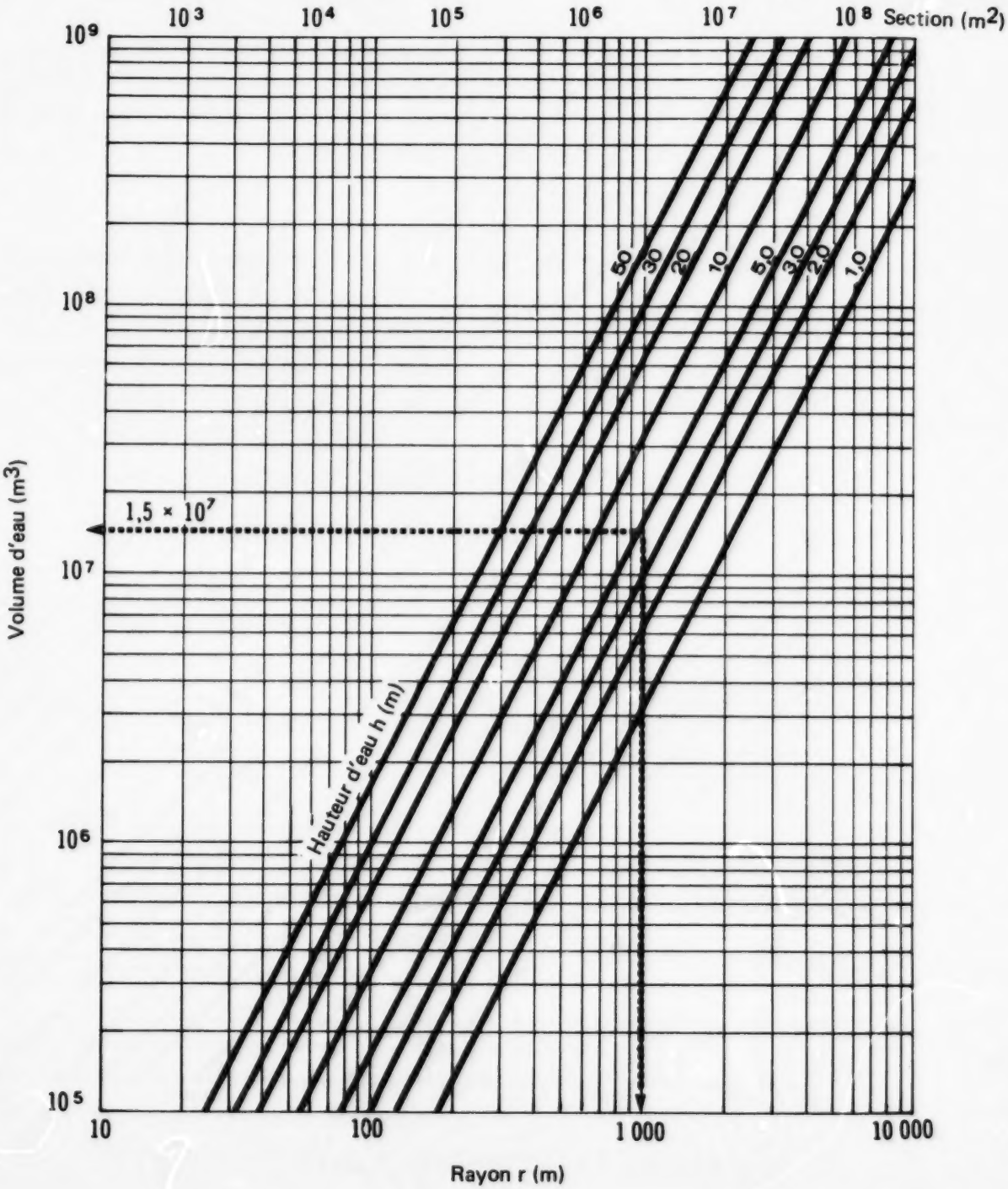
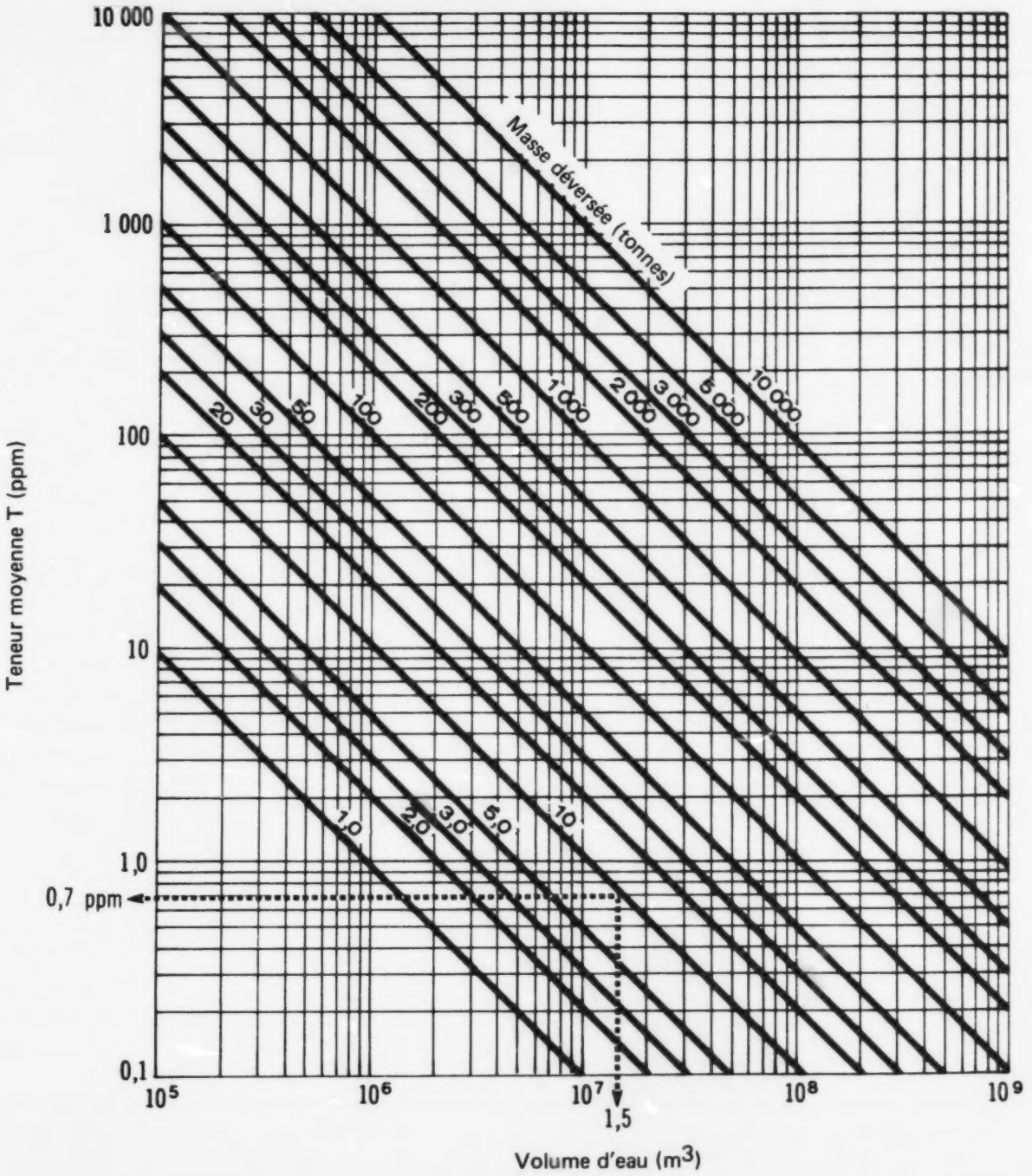


Figure 12

SULFATE DE SODIUM — TENEUR MOYENNE EN FONCTION DU VOLUME D'EAU DE LA ZONE DANGEREUSE



du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.4.3 Exemples de calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées. - Neuf tonnes de sulfate de sodium ont été déversées dans une rivière. La hauteur d'eau h est de 5 m et la largeur L, de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer les paramètres.

L = 50 m; h = 5 m; V = 1 m/s; x = 5000 m; m = 9 tonnes.

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point donné.

Comme x = 5000 m et V = 1 m/s, t = 83 mn (fig. 5).

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique.

Comme L = 50 m et h = 5 m, r = 4,2 m (fig. 6).

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente.

Comme r = 4,2 m et V = 1 m/s, E = 69 m^2/s (fig. 7).

Étape 5 Déterminer alpha.

Comme E = 69 m^2/s et t = 83 mn, α = 2000 (fig. 8).

Étape 6 Déterminer delta.

Comme α = 2000 et m = 9 tonnes, Δ = 4,5 (fig. 9).

Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée.

s = L x h = 50 x 5 = 250 m^2.

Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point donné.

Comme Δ = 4,5 et s = 250 m^2, T = 19 ppm (fig. 10).

5.4.3.2 Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau. - Neuf tonnes de sulfate de sodium ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point donné, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres.

h = 5 m; r = 1000 m; m = 9 tonnes.

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion.

Comme r = 1000 m et h = 5 m, vol. = 1,5 x 10^7 m^3 environ (fig. 11).

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne.

Comme vol. = 1,5 x 10^7 m^3 et m = 9 tonnes, T = 0,7 ppm (fig. 12).

5.5 Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol

5.5.1 Introduction. - Le sulfate de sodium se transportant surtout à l'état solide, il ne pose, lorsqu'il est déversé sur le sol qu'un risque limité de pollution des eaux souterraines, à défaut de précipitation avant le nettoyage ou de toute autre forme d'humidité dans le sol.

Comme le sulfate de sodium est hydrosoluble, les solutions concentrées peuvent migrer dans le sol. Il peut y avoir interaction entre le fluide et le sol, probablement sous la forme d'échange d'ions. Cependant, la plupart des ions échangés avec le sulfate migreront vers le bas. D'après une étude, les solutions diluées de sulfate de sodium migrent dans le sol à peu près à la même vitesse que l'eau, et les interactions ioniques ne semblent pas la modifier (Cairns, 1973). Si le sol de surface est saturé en eau au moment du déversement, comme ce peut être le cas après une pluie, le produit dissous dans les eaux de précipitation ruissellera.

Dans la présente section, les auteurs ont attribué au sol une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant; il s'agit du pire cas possible. Parvenu à la nappe phréatique, le fluide poursuit sa migration, mais dans la direction de l'écoulement souterrain. Il se forme une poche de solution polluée dont la teneur en polluant est progressivement abaissée par les phénomènes de diffusion et de dispersion. C'est ce que montre le schéma de la figure 13.

5.5.2 Migration du polluant dans un sol à capacité au champ. - Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les vitesses de migration font intervenir la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc (ou écoulement piston).

5.5.3 Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant. - Le coefficient de perméabilité K_0 (ou conductivité hydraulique) mesure la perméabilité d'un sol saturé donné vis-à-vis d'un fluide donné. K_0, qui s'exprime en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K_0 = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)

ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)

μ = viscosité absolue du fluide (Pa . s)

g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

À cause de l'origine de la solution diluée (c'est-à-dire, précipitations dissolvant un solide), les valeurs attribuées aux paramètres qui influent sur sa migration sont celles attribuées à l'eau.

Valeurs établies pour les fluides

Paramètre	Solution diluée de sulfate de sodium (4 °C)	Eau (20 °C)
Masse volumique (kg/m^3)	1000	998
Viscosité absolue (Pa . s)	$1,57 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité du sol saturé (m/s)	$(0,62 \times 10^{7})k$	$(0,98 \times 10^{7})k$

5.5.4 Types de sol. - Le *Manuel d'introduction Enviroguide* décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous présente les valeurs établies pour les propriétés qui influent sur la migration des fluides.

Valeurs établies pour les sols

Propriété	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 Nomogrammes de la migration. - Un nomogramme de la migration de sulfate de sodium dissous dans la couche de sol non saturée (c.-à-d. à capacité au champ) située au-dessus de la nappe phréatique a été préparé pour chaque type de sol mentionné. Chaque nomogramme montre la hauteur totale de migration h_m en fonction du temps de migration pour un volume donné de produit déversé et une aire d'une superficie donnée. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le fluide après un temps donné doit être considérée comme maximale. Le lecteur trouvera à la figure 14 le plan d'utilisation des nomogrammes présentés aux figures 15 à 17.

5.5.6 Exemple de calcul. - Vingt tonnes de sulfate de sodium ont été déversées sur un sol constitué de sable limoneux. Le rayon de l'aire polluée est de 8,6 m; la température est de 20 °C. Il s'est mis à pleuvoir immédiatement, avant que le nettoyage puisse commencer. Calculer la profondeur atteinte par le polluant 4 jours après le déversement.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres

Masse de produit déversé = 20 000 kg (20 tonnes)

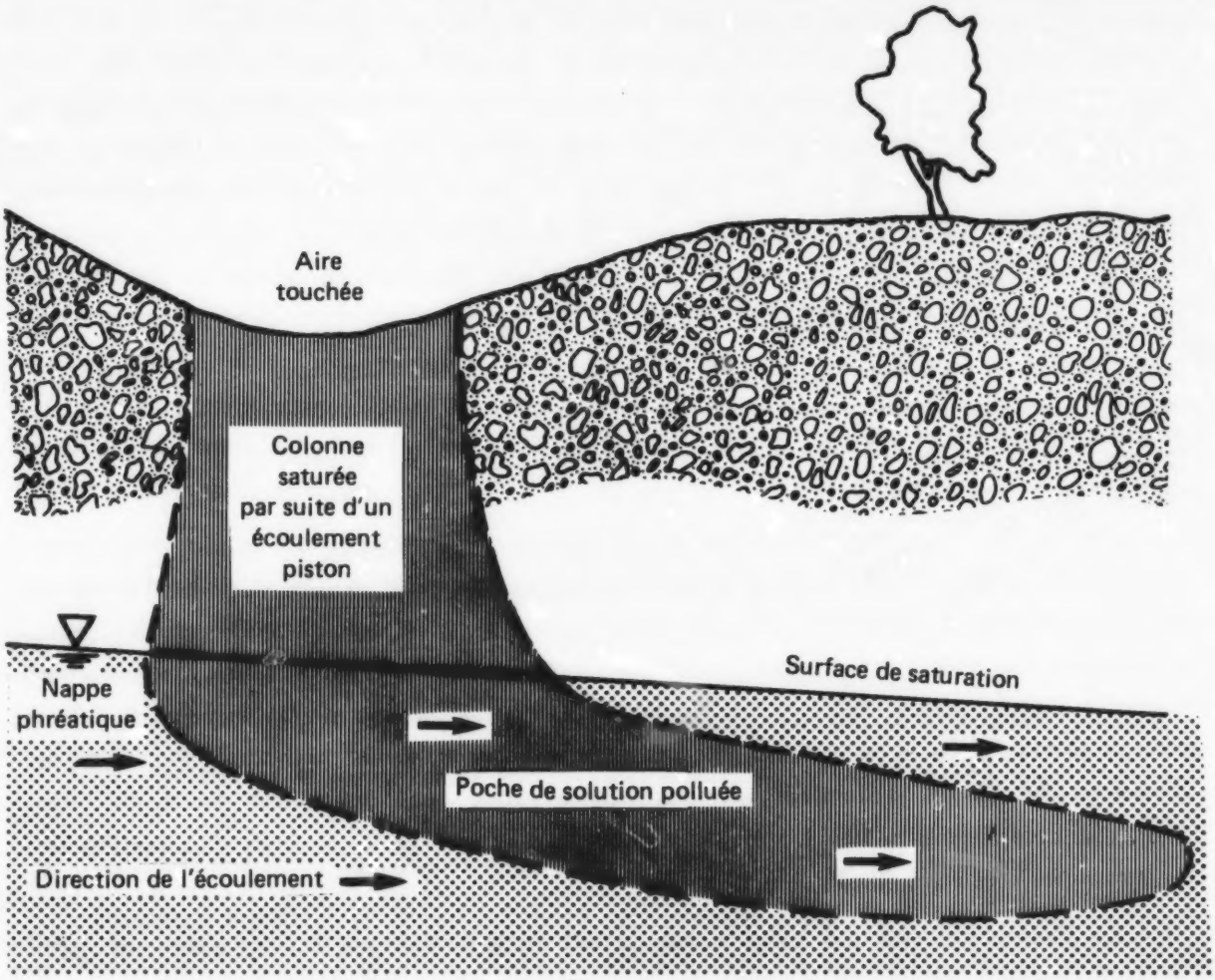
Température = 20 °C

Rayon de l'aire touchée = 8,6 m

Type de sol = sable limoneux

Figure 13

SULFATE DE SODIUM — **MIGRATION DANS LE SOUS-SOL**



Sol: sable grossier
Porosité = 0,35
Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2
Capacité au champ = 0,075

Figure 14

SULFATE DE SODIUM

PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES

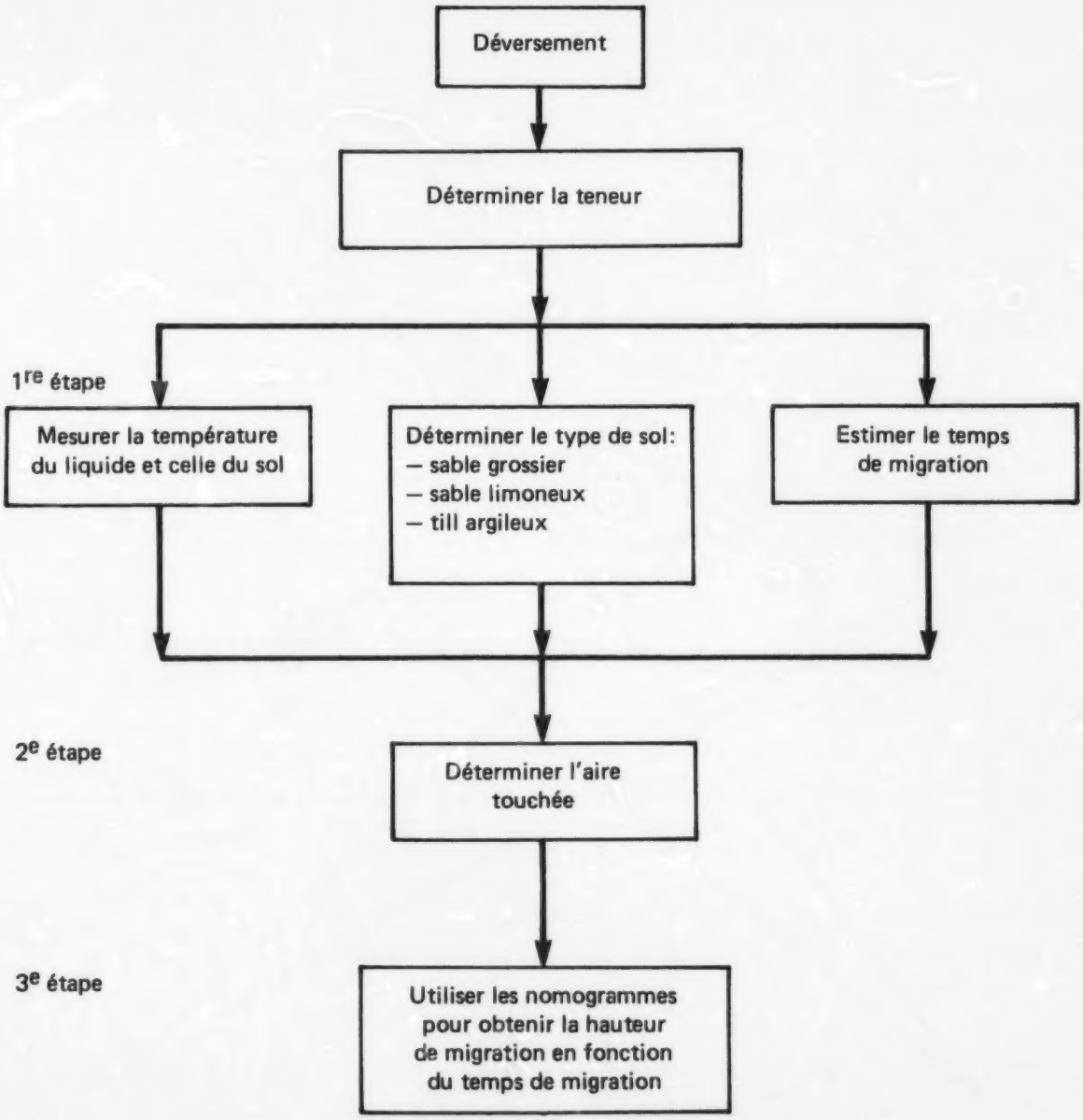


Figure 15

SULFATE DE SODIUM — MIGRATION DANS LE SABLE GROSSIER

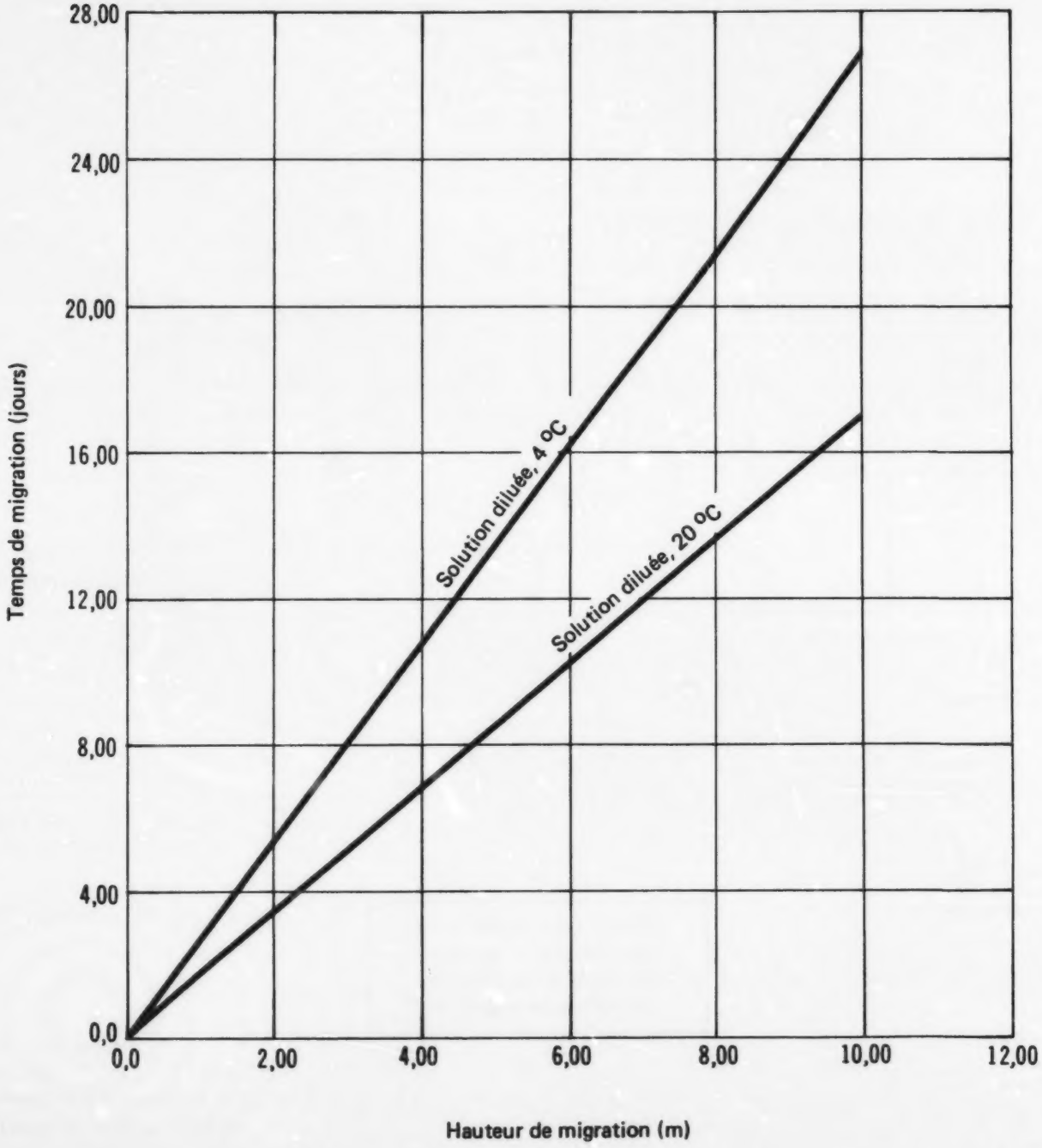


Figure 16

SULFATE DE SODIUM — MIGRATION DANS LE SABLE LIMONEUX

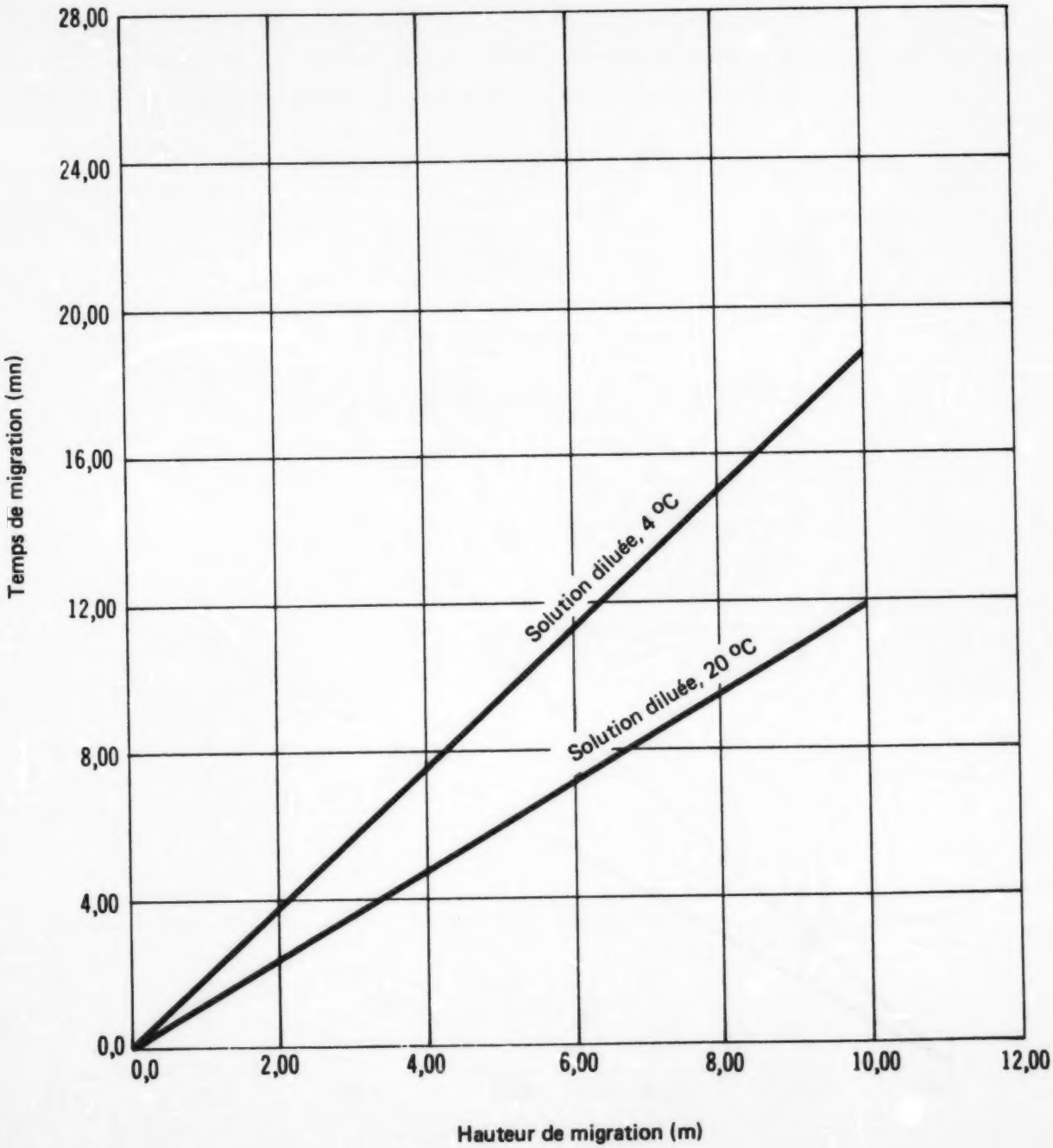
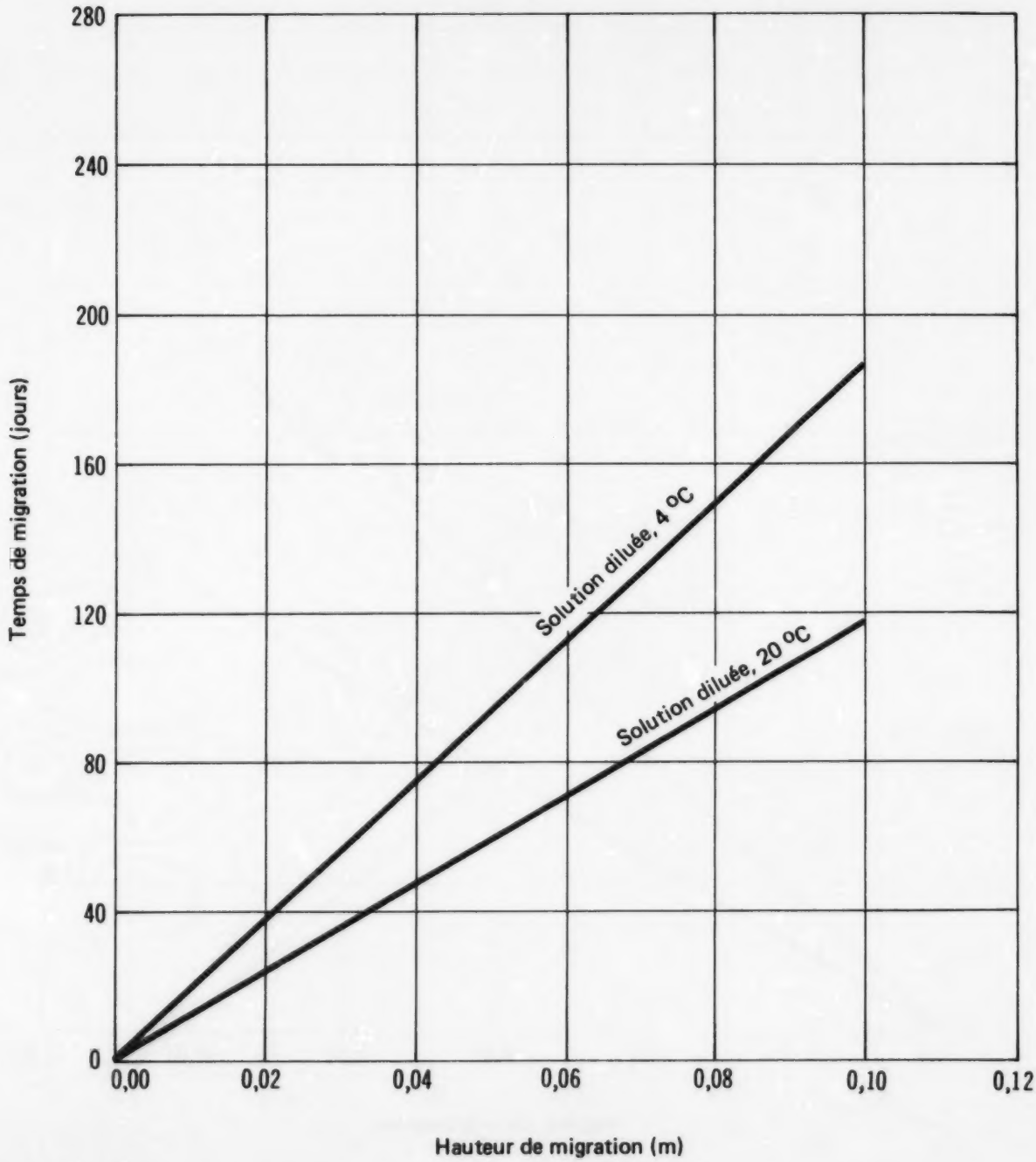


Figure 17

SULFATE DE SODIUM — MIGRATION DANS LE TILL ARGILEUX



Profondeur de la surface de saturation = 13 m

Temps écoulé depuis le déversement (t_m) = 4 jours

Étape 2 Calculer la superficie de l'aire touchée

Superficie = r^2 = 232 m^2

Étape 3 Évaluer la hauteur de migration du polluant au temps t_m

Dans le cas du sable limoneux, à t_m = 4 jours, la hauteur de migration est de 3,4 m

Le polluant n'a pas encore atteint la surface de saturation

6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Qualité de l'eau. - Au Canada, il n'existe aucune réglementation en ce qui concerne la teneur de l'eau potable en sulfate de sodium. Les autorités chargées de la santé devraient toutefois être averties lorsque la teneur en sodium dépasse 20 mg/l. Dans le cas du sulfate, la teneur à ne pas dépasser est inférieure à 150 mg/l, d'après le seuil de goût pour le sulfate de sodium. Le maximum acceptable est de 500 mg/l (*Guidelines/Canadian/Water*, 1978).

L'Ontario recommande que la teneur en sulfates ne dépasse pas 250 mg/l (*Water Management Goals*, 1978). Cette norme correspond à la norme européenne de l'OMS (WQCDB-2, 1971).

6.1.2 Qualité de l'air. - Au Canada, la teneur atmosphérique en sulfate de sodium n'est pas réglementée.

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Mesures de la toxicité

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultats	Conditions	Source
		A. Toxicité pour les poissons			
13 500	96	Crapet arlequin	TL 50	Bio-essai en conditions statiques	WQCDB-5, 1973
12 500	96	Crapet arlequin	TL 50	Eau aérée	WQCDB-2, 1971
100	120	Ménés (*Notropis*)	Teneur toxique		WQC, 1963
17 500	48	Gambusie	TL 50	Eau trouble	WQCDB-2, 1971
9 000 à 13 000	24 à 96	Tête-de-boule	TL 50	Eau douce	WQCDB-2, 1971
13 500 à 14 000	24 à 96	Tête-de-boule	TL 50	Eau dure	WQCDB-2, 1971
5 000	24 à 120	Truitelles	Toxique		WQC, 1963
7 000	24 à 48	Truite arc-en-ciel	Toxique		WQC, 1963
16 500	-	Saumon coho	Toxique		WQC, 1963
16 700	6	Ménés (cypriniformes)	Toxique	Eau dure	WQC, 1963

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
16 500	120	Saumon coho	TL min.		WQCDB-2, 1971
6 700	120	Truite fardée	TL min.		WQCDB-2, 1971
		B. Toxicité pour les micro-organismes			
10 000		*Fragilaria*	Inhibition totale de la croissance		Stalbb, 1973
30 000		*Scenedesmus chlamydomonas*	Inhibition totale de la croissance		Stalbb, 1973
1 900		*Nitzschia linearis*	TL 50	Bio-essai en conditions statiques	WQCDB-5, 1973
1 000		Hydre	Toxique		WQC, 1963
6 800	24	*Daphnia magna*	TL 50		WQCDB-2, 1971
4 547	96	*Daphnia magna*	TL 50		WQCDB-2, 1971
7 105	Instantanément	*Daphnia magna*	Seuil de toxicité	Eau du lac Érié	WQCDB-2, 1971
5 960	Instantanément	*Daphnia magna*	Seuil d'immobilisation	Eau du lac Érié	WQCDB-2, 1971
2 752		*Daphnia magna*	Seuil de toxicité	1,46 mg d'O_2 dissous par litre	WQC, 1963
5 514		*Daphnia magna*	Seuil de toxicité	6,6 mg d'O_2 dissous par litre	WQC, 1963
		C. Toxicité pour les invertébrés			
35 600		Hémiptères	Stimulation du mouvement		WQC, 1963
320	960	Phryganes (*Stenonema ares*)	TL 50	Eau douce	WQCDB-2, 1971
5 000	68	Gastropodes aquatiques	Toxique		WQC, 1963
5 000	24 à 144	Microcrustacés	Toxique		WQC, 1963
6 820		*Polycelis nigra*	Toxique		WQC, 1963
2 380	24	Divers amphipodes	TL 50	Eau lacustre	WQCDB-2, 1971
		Divers amphipodes	TL 50	Eau lacustre	WQCDB-2, 1971

6.3 Toxicité pour les mammifères

L'eau contenant plus de 500 mg de sulfates par litre peut irriter l'appareil gastro-intestinal. (*Water Quality Sourcebook*, 1979). Chez le bétail, des teneurs en sulfates de 7000 mg/l ont provoqué des pertes de poids; le rat en tolère au moins 15 000 mg/l (WQC, 1963).

6.4 Toxicité pour la volaille

Chez de la volaille ayant reçu pendant 15 jours de l'eau de boisson contenant 7500 mg de sulfate de sodium par litre, la mortalité a atteint 33 p. 100 (WQC, 1963).

6.5 Toxicité pour les végétaux

Le sulfate de sodium endommage les végétaux lorsque le sol en contient 4000 mg/l. À 710 mg/l, on observe un ralentissement de la croissance racinaire et les végétaux absorbent moins d'eau. Le rendement des récoltes de riz, de tomates et de haricots accusait une baisse pouvant atteindre 85 p. 100 pour des teneurs en sulfate de sodium allant jusqu'à 5120 mg/l (WQC, 1963).

L'étude des modifications pédologiques causées par le sulfate de sodium a montré que les solutions diluées (0,1 et 0,01 *N*) pénétraient à une vitesse similaire à celle de l'eau. La granulation du sol a grandement changé dans les dix premiers centimètres comparativement au sol exposé à de l'eau seulement mais au-dessous de 10 cm, il n'y avait pas de différence. L'étude a aussi montré qu'une grande quantité de calcium était entraînée vers le bas (Cairns, 1973).

6.6 Devenir et effets à long terme

Le sulfate de sodium peut persister indéfiniment dans l'environnement. Il ne montre pas d'effet de bio-accumulation ou de contamination du réseau trophique (OHM-TADS, 1981).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Nous avons trouvé très peu de renseignements sur la toxicité du sulfate de sodium et aucune norme d'exposition. Le sulfate de sodium est considéré atoxique et non irritant pour la peau et les muqueuses (Lefèvre, 1980). Comme il est laxatif, il est employé en premiers soins pour accélérer l'élimination intestinale des produits toxiques.

Nous n'avons trouvé aucune information sur son pouvoir mutagène, tératogène ou cancérogène. Le produit figure dans l'inventaire de la TSCA dressé par l'EPA. Les données toxicologiques présentées ci-dessous ont été tirées de sources reconnues et fiables.

7.1 Normes d'exposition

Nous n'avons trouvé aucune norme d'exposition au sulfate de sodium dans les publications consultées.

7.2 Données sur l'action irritante

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition	Effets	Source
• ESPÈCE NON PRÉCISÉE		
Suspension à 40 p. 100 dans de l'huile minérale	Aucun effet	Koppers PD, 1981

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition	Effets	Source
• ESPÈCE NON PRÉCISÉE		
Suspension à 40 p. 100 dans de l'huile minérale	Aucun effet	Koppers PD, 1981
40 mg dans chaque oeil	Instillation de poudre dans l'oeil; aucun effet	Koppers PD, 1981

7.3 Données sur les propriétés organoleptiques

7.3.1 Odeur. - Produit inodore.

7.3.2 Saveur

Paramètre	Milieu	Teneur	Source
Seuil de perception inférieur	Eau	250 ppm	OHM-TADS, 1981
Seuil de perception supérieur	Eau	500 ppm	OHM-TADS, 1981

7.4 Études sur les effets toxiques

7.4.1 Inhalation

Exposition	Effets	Source
	Exposition de courte durée	
• CHEZ LE RAT		
Teneur non précisée (6 h)	Aucun effet	Koppers PD, 1981

7.4.2 Ingestion

	Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
500 mg/l	Dans l'eau potable avec 1200 mg/l de sulfate de magnésium, provoque parfois la diarrhée	OHM-TADS, 1981
• CHEZ LE BÉTAIL		
2050 mg/l	Seuil limite dans l'eau	OHM-TADS, 1981
• CHEZ LE RAT		
7,07 g/kg	DL 50	Koppers PD, 1981
• CHEZ LA SOURIS		
5989 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

7.4.3 Administration par voie percutanée

Exposition	Effets	Source
• CHEZ LE LAPIN		
> 4,0 g/kg	DL 50	Koppers PD, 1981

7.4.4 Administration par voie intraveineuse

Exposition	Effets	Source
• CHEZ LE LAPIN		
4470 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS		
1220 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979

7.4.5 Mutagénicité, tératogénicité et cancérogénicité. - Aucune donnée.

7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes de nature particulière sont suivis de la référence appropriée.

7.5.1 Inhalation. - Aucune donnée.

7.5.2 Ingestion

1. Indisposition.
2. Douleurs stomacales.

7.5.3 Contact avec la peau. - Considéré atoxique et non irritant pour la peau et les muqueuses (Lefèvre, 1980).

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation mécanique (Lefèvre, 1980).
2. Larmoiement (Lefèvre, 1980).

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le sulfate de sodium et divers agents

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition brutale	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Source
En général														
Chaleur					●	●							Possibilité d'émanations toxiques dues à des oxydes de soufre	Sax, 1979
Feu					●	●							Possibilité d'émanations toxiques dues à des oxydes de soufre	Sax, 1979
Corps chimiques														
Aluminium			●										À 800 °C	Bretherick, 1979
Magnésium										●				Sax, 1979

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation d'origine a été respectée pour éviter toute déformation de sens; ce faisant, il a été impossible d'empêcher que ne paraissent des contradictions entre les sources d'information. Toutefois, les contradictions touchant certaines mesures qui s'appliquent à des cas particuliers ne sont qu'apparentes, l'information pouvant être correcte ou non selon la situation. La mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Danger d'incendie. - Le sulfate de sodium est un solide incombustible (ERM, 1982).

9.1.2 Moyens d'extinction. - La plupart des agents d'extinction peuvent être utilisés contre les feux en présence de sulfate de sodium (ERM, 1982).

9.1.3 Mesures d'intervention en cas de déversement

9.1.3.1 Information générale. - Arrêter ou réduire le déversement si cela ne présente aucun risque.

9.1.3.2 Déversement sur le sol. - Disposer si possible des barrières mécaniques autour du produit déversé pour empêcher son étalement (EPA 670/2-75-042). Le ramasser à la pelle et le mettre dans des récipients, en vue de la récupération ou de l'élimination.

9.1.4 Élimination. - Le sulfate de sodium ne doit *jamais* être jeté directement dans un égout ou des eaux de surface. Il peut être enfoui dans une décharge avec l'autorisation des services de l'environnement.

9.1.5 Appareils et vêtements de protection. - Avant d'entrer dans une zone où ni le produit déversé ni ses propriétés ne sont connus, il faut revêtir un scaphandre résistant aux agents chimiques et porter un appareil respiratoire isolant. S'il s'avère que le produit déversé est du sulfate de sodium:

- Porter des lunettes de sécurité à coques ajustées, des gants de caoutchouc et des vêtements de protection (ERM, 1982).

10 CAS D'ACCIDENT

Le présent chapitre décrit, en principe, des cas d'accident susceptibles d'aider les lecteurs à mieux comprendre les mesures d'intervention et de sécurité. Il ne faudrait pas voir dans le nombre de cas décrits une indication relative à l'ampleur ou à la fréquence des accidents.

En ce qui concerne le sulfate de sodium, nous n'avons trouvé dans la documentation consultée aucun cas d'accident méritant d'être retenu. Toute nouvelle information pertinente sera incluse lorsqu'il y aura une nouvelle édition du présent guide.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DU POLLUANT

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupation Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché, et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du sulfate de sodium dans l'eau (analyse quantitative)

11.1.1 Photométrie de flamme (ASTM, 1979). - La méthode permet le dosage du sulfate de sodium, en tant que sodium, si les teneurs sont supérieures à 1 mg/l (ppm).

Recueillir au moins 2 litres d'un échantillon représentatif, dans un récipient approprié. Une prise d'essai convenable est atomisée dans la flamme d'un photomètre de flamme approprié, et on détermine l'intensité de l'émission à 589 nm. La teneur est déterminée graphiquement au moyen d'une courbe d'étalonnage.

11.2 Dosage du sulfate de sodium dans le sol (analyse quantitative)

11.2.1 Photométrie de flamme (Hesse, 1972). - On peut doser une gamme de teneurs en sulfate de sodium, en tant que sodium, dans le sol, selon le volume de l'extrait atomisé dans un photomètre de flamme approprié.

Peser avec précision 5 g de sol préalablement tamisé sur un tamis à mailles de 2 mm et placer cet échantillon dans un tube à centrifuger étroit de 50 ml. Ajouter 30 ml d'une solution d'acétate de magnésium 0,5 *M*. Boucher le tube et centrifuger pendant 5 mn à 400 tr/s.

Le surnageant est décanté dans une fiole jaugée de 100 ml. Répéter l'extraction encore deux fois, et verser les extraits dans la fiole jaugée. Ajuster au trait de jauge au moyen d'acétate de magnésium 0,5 *M*. Une prise d'essai convenable est atomisée dans la flamme d'un

photomètre de flamme approprié, et l'intensité de l'émission est déterminée à 589 nm. La teneur est déterminée graphiquement, au moyen d'une courbe d'étalonnage.

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE
(reproduction intégrale de l'édition anglaise)

12.1 Références

AAR 1983: Association of American Railroads, Washington, DC, private communication (1983).

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31, Water, Philadelphia, PA, D1428A, D1192, D3370 (1979).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

Broughton 1974: Broughton, P.L., "Alkaline Lakes in Southern Saskatchewan and the Sodium Sulphate Industry", Blue Jay, 32 (3), pp. 183-186 (1974).

Cairns 1973: Cairns, R.R. and I. Szabolcs, "Effects of Sodium Sulphate and Sodium Carbonate Solutions on Chemical and Physical Properties of a Chernozem Soil", Can. J. Soil Sci., 53 pp. 399-403 (1973).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

CCD 1977: Hawley, G.G., The Condensed Chemical Dictionary, ninth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1977).

CCP 1982: "Ambitious Plans for BC Gas", Canadian Chemical Processing, 66 (1), p. 14 (February 19, 1982).

CLC 1974: Association of American Railroads, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, published by Simmons-Boardman, Omaha, NB (1974).

Corpus 1984: Corpus Information Services Ltd., "Sodium Sulphate", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (May 31, 1984).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

Dillon 1982: M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada (1982).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

ERM 1982: Environmental Emergency Branch, Emergency Response Manual, second draft, Environment Canada, Ottawa, Canada (February, 1982)

FKC 1975: Lowenheim, F.A. and M.K. Moran, Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY (1975).

Guidelines/Canadian/Water 1978: Federal-Provincial Working Group on Drinking Water of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 1978, Ministry of National Health and Welfare, Ottawa, Canada (1978).

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, NY, pp. 146-147 (1972).

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th edition, New York, NY (1969).

HMR 1978: Association of American Railroads, Hazardous Material Regulations of the Department of Transportation, Washington, DC (1978).

JANAF 1971: Stull, D.R. and H. Prophet, JANAF Thermochemical Tables, second edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, DC (June, 1971).

Kirk-Othmer 1983: Grayson, M. and D. Eckroth (eds.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, third edition, Vol. 21, John Wiley and Sons Inc., New York, NY (1983).

Koppers PD 1981: Koppers Company Inc., Product Data, Pittsburgh, PA (July, 1981).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1979).

* Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

MCP 1979: U.S. Department of the Interior, Soda Ash (Sodium Carbonate), Sodium Sulphate and Sodium - Mineral Commodity Profiles, Washington, DC (1979).

* MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

NIOSH 1979: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, second edition, Vol. 5, Cincinnati, OH, P&CAM 173 (August, 1979).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Perry 1973: Perry, R.H. and C.H. Chilton, (eds.), Chemical Engineer's Handbook, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1973).

RTECS 1979: Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

* Publié également en français.

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, fifth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1979).

Seidell and Linke 1965: Seidell, A. and W.F. Linke, Solubilities - Inorganic and Metal Organic Compounds, fourth edition, American Chemical Society, Washington, DC (1965).

Stalbb 1973: Stalbb, R.S., J.W. Appling and J. Haas, Effects of Industrial Effluents on Primary Phytoplankton Indicators, NTIS PB.220 741 (1973).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

* TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario (November, 1978).

* Water Quality Sourcebook 1979: Environment Canada, Water Quality Sourcebook, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Ontario (1979).

Welcher 1955: Welcher, F.J. and R.B. Hahn, Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, NJ, p. 432 (1955).

WQC 1963: McKee, J.E. and H.W. Wolf, Water Quality Criteria, second edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board (1963).

WQCDB-2 1971: Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 2 (1971).

WQCDB-5 1973: Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 5 (September, 1973).

WQCDB 1973: Water Quality Criteria Data Book, Vol. 3, Batelle Columbus Laboratories for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1973).

12.2 Bibliographie

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31, Water, Philadelphia, PA, D1428A, D1192, D3370 (1979).

Association of American Railroads, Washington, DC, private communication (1983).

Association of American Railroads, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, published by Simmons-Boardman, Omaha, NB (1974).

* Publié également en français.

Association of American Railroads, Hazardous Material Regulations of the Department of Transportation, Washington, DC (1978).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

Broughton, P.L., "Alkaline Lakes in Southern Saskatchewan and the Sodium Sulphate Industry", Blue Jay, 32 (3), pp. 193-186 (1974).

Cairns, R.R. and I. Szabolcs, "Effects of Sodium Sulphate and Sodium Carbonate Solutions on Chemical and Physical Properties of a Chernozem Soil", Can. J. Soil Sci., 53, pp. 339-403 (1973).

Canadian Chemical Processing, "Ambitious Plans for BC Gas", Vol. 66, No. 1, p. 14 (February 19, 1982).

Corpus Information Services Ltd., "Sodium Sulphate", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (May 31, 1984).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1979).

M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada (1982).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

* Environment Canada, Water Quality Sourcebook, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Ontario (1979).

Environmental Emergency Branch, Emergency Response Manual, second draft, Environment Canada, Ottawa, Canada (February, 1982).

Federal-Provincial Working Group on Drinking Water of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 1978, Ministry of National Health and Welfare, Ottawa, Canada (1978).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

Grayson, M. and D. Eckroth, (eds.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, third edition, Vol. 21, John Wiley and Sons Inc., New York, NY (1983).

Hawley, G.G., The Condensed Chemical Dictionary, ninth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1977).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, NY, pp. 146-147 (1972).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th edition, New York, NY (1969).

* Publié également en français.

Koppers Company Inc., Product Data, Pittsburgh, PA (July, 1981).

* Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents -For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Lowenheim, F.A. and M.K. Moran, Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY (1975).

McKee, J.E. and H.W. Wolf, Water Quality Criteria, second edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board (1963).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 5, Cincinnati, OH, P&CAM 173 (August, 1979).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario (November, 1978).

Perry, R.H. and C.H. Chilton, (eds.), Chemical Engineer's Handbook, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1973).

Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

Rehau Industries Ltd., Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montréal, Québec (1978).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, fifth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1979).

Seidell, A. and W.F. Linke, Solubilities - Inorganic and Metal Organic Compounds, fourth edition, American Chemical Society, Washington, DC (1965).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

Stalbb, R.S., J.W. Appling and J. Haas, Effects of Industrial Effluents on Primary Phytoplankton Indicators, NTIS PB.220 741 (1973).

Stull, D.R. and H. Prophet, JANAF Thermochemical Tables, second edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, DC (June, 1971).

---

* Publié également en français.

* Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

U.S. Department of the Interior, Soda Ash (Sodium Carbonate), Sodium Sulphate and Sodium - Mineral Commodity Profiles, Washington, DC (1979).

Water Quality Criteria Data Book, Vol. 3, Batelle Columbus Laboratories for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1973).

Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 2 (1971).

Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 5 (September, 1973).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

Welcher, F.J. and R.B. Hahn, Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, NJ, p. 432 (1955).

* Publié également en français.